Tema 1.2 ¿Cómo se originó la Vida?

PRESENTACIÓN

En este material vamos a estudiar varios temas que aún cuando, no pertenecen a la biología, si son de enorme trascendencia para la resolución de uno de los problemas más importantes y difíciles de resolver: El origen de los seres vivos. El cual corresponde al tema 1.2.

Por eso vamos a empezar con temas que estudia la cosmología, la astrofísica y la química orgánica.

Por otro lado, tu aprendizaje depende de muchos factores, pero el más importante eres tú, pues nadie puede aprender por ti.

El material explica cada tópico y te pide que realices ciertas actividades o ejercicios con la finalidad de que, al intentar resolverlos, te des cuenta si entendiste lo leído. No dejes preguntas sin contestar, sino puedes responder regresa al título anterior y vuelve a leer el texto y las figuras. Al terminar cada apartado puedes comparar las respuestas de tus compañeros con las tuyas. Recuerda, sólo las respuestas; no resuelvas el material en equipo, pues sólo cuando tus neuronas trabajan puedes aprender.

OBJETIVOS

Al terminar de trabajar con este material debes de haber logrado los siguientes objetivos:

1. **Describir** el origen del Universo, los elementos químicos, los planetas, la atmósfera primitiva de la Tierra, los océanos, los compuestos orgánicos, los probiontes y finalmente del **Eubionte** (el primer ser vivo).
2. **Mencionar** las principales teorías acerca de su origen.
3. **Citar** las pruebas que las apoyan y
4. **Conocer** la importancia de esos eventos para con los seres vivos.

INTRODUCCION

El origen del Universo y de la vida son problemas antiguos. De un modo u otro todas las civilizaciones han creado su propia respuesta acerca de los orígenes. Por supuesto, dichas respuestas no fueron científicas sino mitológicas y con frecuencia expresaron de modo poético y literario. Los mitos de creación son una herencia valiosa para la Humanidad, pero para nuestra cultura ya no son útiles para contestar las cuestiones fundamentales de nuestra concepción de la Realidad en que vivimos. Nuestros conocimientos actuales nos impiden creer en los mitos antiguos. Pero como los primeros hombres, los *Homo sapiens* que se dispersaron lentamente por toda la superficie de la Tierra hace cientos de miles de años, nosotros también necesitamos responder a las incógnitas fundamentales:

¿Qué somos? ¿de dónde venimos? ¿cuál es nuestro futuro?

EL ORIGEN DE LA VIDA.

Dilucidar el origen de la vida es un problema actual de la investigación científica al cual se dedican un conjunto multidisciplinario de profesionales (cosmólogos, astrofísicos, termodinámicos, biofísicos, químicos, biólogos,..) En los últimos 50 años se han obtenido sustanciales avances, aún cuando todavía falta mucho por conocer y entender sobre el origen de los primeros seres vivos. En la siguiente lista resumimos el nombre de las principales teorías propuestas para explicar el origen de la vida:

1. TEORIAS CREACIONISTAS.
2. TEORIA de la GENERACION ESPONTANEA
3. TEORIA DE LA PANSPERMIA:
   - T. de la Panspermia CLASICA.
   - T. de la Panspermia DIRIGIDA.
4. TEORÍA DE LA SÍNTESIS ABIÓTICA (T. QUIMIOSÍINTETICA = T. OPARIN-HALDANE)

TEORÍAS CREACIONISTAS

Las teorías creacionistas sugieren que uno o varios seres de naturaleza divina decidieron en un momento dado crear al hombre y a los demás seres vivos. Lee, por ejemplo el texto anexo a la figura 1.
Estas teorías no son científicas porque no pueden ser probadas usando los criterios válidos para el conocimiento científico. Ya que, por su propia naturaleza, no pueden demostrarse por procedimientos lógicos, observacionales o experimentales. Esto se refiere al enunciado más general de dichas teorías. No así a la mayoría abrumadora de ideas específicas y colaterales, las cuales pueden se falsables (demostrables como falsas).

De ahí que, en un momento dado, se pueda creer en ellas, pero ello no tiene influencia en su correspondencia objetiva con la realidad, pues, al no encontrarse en el terreno de la ciencia no son susceptibles de demostración.



Fig. 1 Códice Dresde, p. 9

"Antes de la creación no había hombres, ni animales, pájaros, pescados, cangrejos, árboles, piedras, hoyos, barrancos, paja ni bejucos y no se manifestaba la faz de la tierra; el mar estaba suspenso y en el cielo no había cosa slguna que hiciera ruido. No había cosa en orden, cosa que tuviese ser, si no es el mar y el agua que estaba en calma y así todo estaba en silencio y oscuridad como noche.

Solamente estaba el Señor y Creador Gucumatz, Madre y Padre de todo lo que hay en el agua, llamado también Corazón del Cielo porque está en él y en él reside. Vino su palabra acompañada de los Señores Tepu y Gucumatz y, confiriendo, consultando y teniendo consejo entre sí en medio de aquella oscuridad, se crearon todas las criaturas".

Popol Vuh, p.3.

Esa es la razón por la cual no podemos señalar su veracidad. Puede ocurrir que sean verdaderas, como también que sean falsas, pero eso no lo sabemos porque no podemos demostrar, ni lo uno, ni lo otro.

Si bien, a veces, podemos hacer ciertas pruebas a una teoría creacionista, en cuanto obtenemos el primer resultado negativo, es común que los postulantes de la teoría modifiquen su propuesta con una hipótesis "*ad hoc*", es decir, inventen una explicación suplementaria especialmente diseñada para evitar la refutación (la demostración de la falsedad) y explicar los resultados negativos de la prueba o simplemente dichos postulantes no acepten el resultado negativo de las pruebas u observaciones.

TEORIA DE LA GENERACION ESPONTANEA.

Esta teoría sugiere **la aparición súbita de la vida como resultado de la acción de ciertas fuerzas sobre la materia inerte, sin mediar ningún progenitor**[1]

Filósofos materialistas griegos como Tales de Mileto, (611?-545? a.n.e.) Anaximandro (611?-545? a.n.e.), Demócrito (460-370 a.n.e.) y otros proponían la aparición súbita de la vida como resultado de la acción de fuerzas naturales sobre la materia inanimada excluyendo la participación de cualquier dios o ente divino. En cambio, filósofos idealistas como Platón (428 ó 27- 348 ó 47 a.n.e.) o Aristóteles (384-322 a.n.e.) planteaban la acción de fuerzas sobrenaturales (entelequia) sobre la materia inerte.

Con el tiempo, la versión idealista permeó el pensamiento de casi todos los naturalistas, sobre todo como consecuencia de la destrucción sistemática de las obras de los antiguos filósofos materialistas hecha por las jerarquías religiosas de aquellos tiempos, con el apoyo de los diversos estados de la cuenca mediterránea. Así, la entelequia aristotélica se convirtió, posteriormente, en la sobrenatural **Fuerza Vital**, que daba vida a la "burda" materia que por si sola, eso pensaban los vitalistas, era siempre inerte.

Fíjate que las Teorías Creacionistas y la T. de la Generación espontánea pueden no contradecirse. Y de hecho quienes sostenían a ésta última casi siempre agregaban que la fuerza vital era de origen divino.

Esta teoría predominó durante más de dos mil años, y fue refutada después de muchas controversias por los trabajos experimentales de diferentes autores a partir del siglo XVII (Redi, Spallanzani y otros)

La lucha entre Vitalistas, es decir, los partidarios de la generación espontánea y sus oponentes se prolongó, por cerca de tres siglos, hasta la segunda mitad del

[1] Cierto estudiante al escuchar lo anterior dijo: ¡ah...! entonces se trata de que los bichos aparecen "a la de ...... ¡ya!".

siglo XIX cuando Louis Pasteur (1822-1895) refutó (probó la falsedad) experimentalmente la teoría de la generación espontánea; tras una serie de brillantes experimentos realizados con sus famosos matraces "Cuello de Cisne". Estableciendo firmemente que todos los seres vivos provienen de otros seres vivos, es decir:

“LA VIDA PROVIENE DE LA VIDA”

Veamos lo anterior con más detalle. En el siglo XVII era común que los **vitalistas** (los partidarios de la generación espontánea) dieran recetas para generar diversos seres vivos a partir de materia inerte. Por ejemplo si se dejaba un trozo de carne en un recipiente, al cabo de unos días era evidente la súbita aparición de unos gusanos.[2] Ve la Fig. 2.

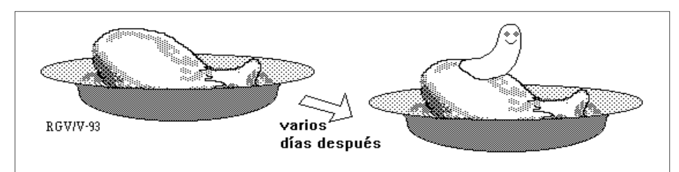


Fig. 2 ¡”Gusanos” al instante!Ese experimento apoyaba la idea de la generación espontánea.

Sin embargo un italiano, Frascesco Redi (1626-1698) pensó que no se habían controlado bien todas las variables que intervenían y repitió el experimento evitando cualquier contacto de la carne con insectos, los cuales podrían eventualmente reproducirse como las gallinas: ¡poniendo huevos!

Observa la Fig. 3 y responde:

¿El resultado del experimento de Redi apoya la teoría de la generación espontánea? ________________. (1)

¿Por qué crees eso? ______________________________
____
____
____
____. (2)

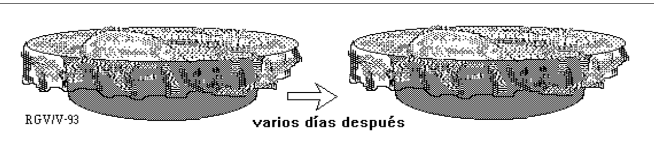


Fig. 3 ¡En platón tapado no entran moscas!

Este tipo de experimentos pronto llevó a la conclusión que los organismos que se ven a simple vista provienen de sus progenitores y no por generación repentina. Pero en ese mismo siglo, Antón Van Leeuwenhoek (1632-1723) observó con un microscopio simple de su propia manufactura a unos seres hasta entonces desconocidos, los microbios.[3]

El descubrimiento de los microbios pronto fue usado por los vitalistas para darle nuevo vigor a su teoría. Pues si bien aceptaban que los seres macroscópicos derivaban de sus progenitores, en el caso de los microbios afirmaban que ellos surgían por generación espontánea. Así pues en el siglo XVIII Needham (John de Tuberville, 1713-1781) sugería un experimento que apoyaba a los vitalistas. Observa la Fig. 4.

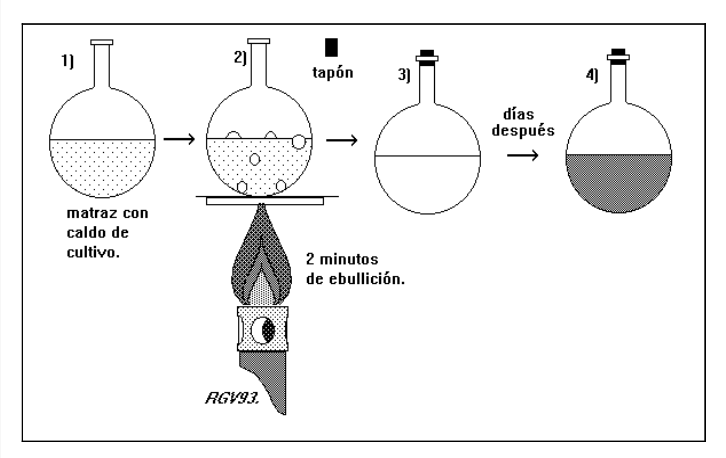


Fig. 4 La demostración de Needham.

Needham primero colocó un caldo de cultivo en un frasco. Como tenía microbios[4] y de lo que se trataba era de demostrar que surgían de la materia inerte, este Needham hirvió el caldo durante unos minutos. ¿Para qué lo calentó? ______________________________
____. (3)

Por más cuidados que él hacía al tapar su frasco, al cabo de cierto tiempo el caldo de cultivo estaba lleno de microbios, siendo que después de la ebullición no se podía ver ninguno.

¿Este resultado apoyaba las ideas vitalistas? ____. (4)

Por supuesto que los vitalistas estaban felices con los resultados de esos experimentos. Pero había quiénes pensaban que ni aún los pequeños y simples microbios podían surgir por generación espontánea. Así pues, el italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) no aceptó dicha interpretación. Él pensó que el aparente surgimiento era el resultado de un calentamiento insuficiente del caldo, de modo que a pesar de haber hervido no todos microorganismos habían muerto. Y claro, los sobrevivientes sólo se reprodujeron. Analiza la Fig. 5.

[2] En realidad no eran gusanos, sino larvas de moscas.

[3] El observó protozoarios, tejidos de plantas y también algunas bacterias. Debes de notar que por aquellos años aún no existía el concepto de célula y tejido, los cuales se inventaran hasta el siglo XIX.

[4] Unos protozoarios llamados en ese tiempo, infusorios (ciliados, como los paramecios).

Escribe, si el hecho, de que en el frasco Nº 4 ya no aparecieran microbios apoyaba o refutaba a la teoría de la generación espontánea:________________. (5)

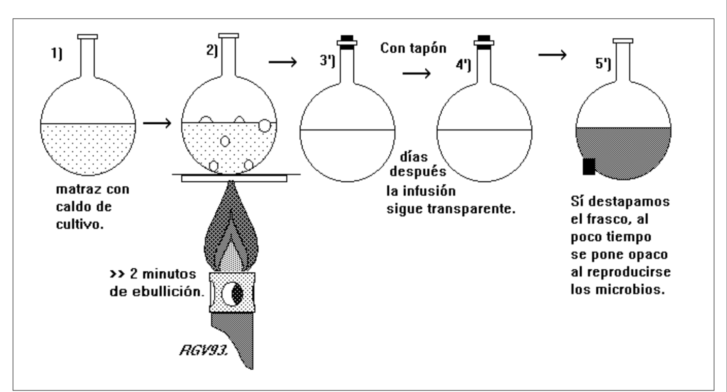


Fig. 5 El mismo experimento de Needham, pero según Spallanzani.

Por supuesto que a los vitalistas no les gustó esos resultados y reclamaron que era lógico que tanto calentamiento debió destruir a la fuerza vital[5] del caldo y del aire del frasco.

Spallanzani pudo argumentar que el caldo no había perdido sus cualidades para sostener la vida, pues bastaba destapar el frasco para que este al cabo de un tiempo se llenara de microbios. Pero los vitalistas interpretaban ese evento como la prueba de que la fuerza vital del aire podía entonces entrar al frasco y generar vida. Como ambas interpretaciones eran coherentes con los resultados, Spallanzani no pudo refutar convincentemente a los vitalistas.

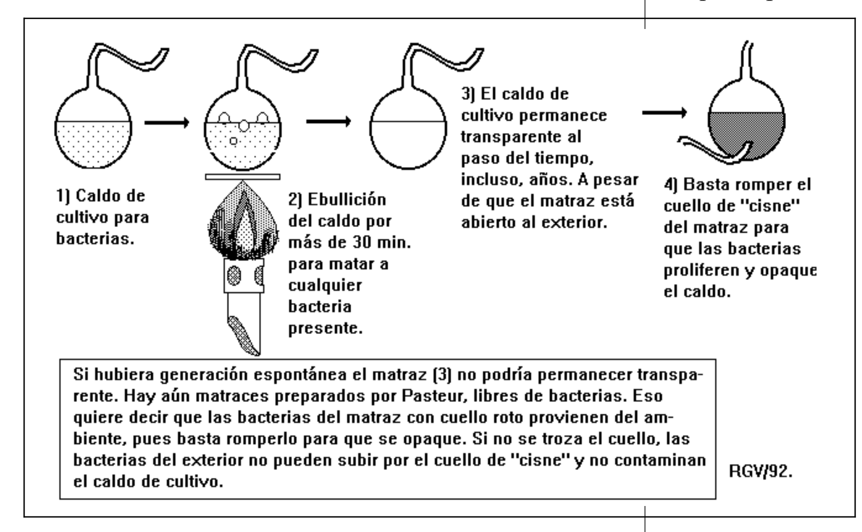


Fig. 6 Experimentos de Pasteur sobre la biogénesis.

Fue Louis Pasteur (1822-1895) quien en respuesta a una convocatoria de la Academia de Ciencias francesa demostró experimentalmente la no-ocurrencia de la generación espontánea. Analiza la figura 6.

¿Cómo es el cuello de los matraces de Pasteur? ____ ____. (6)

¿Los matraces de Pasteur se tapaban en algún momento? ___________________________________. (7)

Entonces, si el aire del matraz estaba en contacto con el aire de la habitación ¿Por qué no surgían espontáneamente seres vivos? _________________________ ____. (8)

Los vitalistas no podían argumentar que la ebullición había destruido a la fuerza vital del caldo, porque bastaba romper el cuello de cisne para que los microbios aparecieran y no podían explicar porque la supuesta fuerza vital no entraba por el cuello de los frascos, siendo que este nunca estuvo tapado. La única explicación posible es que la fuerza vital no existe y la generación espontánea no ocurre.

Lamentablemente eso no significó la desaparición de la idea de la generación espontánea, pues el nacimiento, desarrollo y muerte de las teorías científicas es un fenómeno sociológico complejo. De hecho la desaparición de las ideas vitalistas entre los científicos tiene que ver con una revolución de las ideas, con un cambio de paradigma. Fue A. I. Oparin quién logró ese cambio.[6]

Es interesante notar que en el seno de la conciencia popular aún ahora es común encontrar expresiones que implican la teoría de la generación espontánea, es decir, expresiones donde se sugiere la aparición súbita de seres vivos sin ningún progenitor de por medio y no como resultado de la reproducción y evolución de esos organismos (muchas personas creen que así apareció el VIH, el virus del SIDA)

Tus abuelas probablemente te han dicho que si comes mucho pan (sobre todo el migajón) te van a salir lombrices. Esta idea sugiere la aparición de lombrices por generación ________________. (9)

Evento que por supuesto, no ocurre y no enfermarás, a menos que ingieras alimentos o bebidas contaminadas con bacterias, huevos o quistes de parásitos.

---

[5] La hipotética fuerza que según ciertos autores hacía que la materia inerte se convirtiera en materia viva.

[6] Más detalles en: Farley, J. (1977) *La controversia de la generación espontánea*, versión española en **El Origen de la vida**, M. Artis *et al* compiladores, COSNET/SEP. Méx. 1986. T-I.

TEORIA DE LA PANSPERMIA (Hipótesis Meteórica)

Una vez refutada experimentalmente la generación espontánea, los científicos de entonces, se encontraron en una situación difícil, pues la única teoría científica disponible al respecto resultó falsa y no tenían a su disposición otra teoría.

De ahí que a finales del siglo pasado resurgieran las ideas de quienes creían en la fuerza vital, a pesar de los experimentos de Pasteur. Por ello se les denominó **neovitalistas**, ellos afirmaban que la VIDA, es por naturaleza, completamente diferente a la materia y por ello no es susceptible de ningún análisis científico y pensaban que los naturalistas perdían su tiempo al intentar comprenderla. Debido a lo anterior se ha dicho que el verdadero vencedor de la Teoría de la generación espontánea es Oparin y no Pasteur, ya que el bioquímico ruso propuso una teoría que cambió el modo de entender el problema del surgimiento de la vida, pero de ella hablaremos en otro lugar.

De este modo, a muchos biólogos de aquella época les fue sencillo pensar en la posibilidad de que la vida no tenía ningún origen y fuese por lo tanto eterna. También en ese tiempo empezó a ser evidente que la Tierra había pasado por una serie de condiciones en la antigüedad que hacían imposible la existencia de seres vivos en su pasado remoto. Basado en las ideas anteriores Svante A. Arrhenius (1859-1927), uno de los primeros premios Nobel de química, propuso en 1908 la **Teoría de la Panspermia** que en pocas palabras decía en lo siguiente:

Sí la vida era eterna y si también, en la Tierra hubo un tiempo en el cual la vida era imposible, entonces, la existencia de vida en nuestro planeta podría explicarse pensando en que algunos seres vivos atravesaron el espacio en forma de esporas sobre meteoritos y llegaron a la Tierra, de otro planeta, por entonces con vida.

Arrhenius no fue realmente el primero en proponer esta hipótesis. Pues ya en una revisión bibliográfica sobre el origen de la vida escrita en 1897 se menciona esta idea como la **Hipótesis meteórica** y se cita a Richter a Helmholtz y a William Thomson como sus creadores.[7] Pero si fue Arrhenius quien logró su difusión al amplio público de la época.

Recuerda, por ejemplo, que a fines del siglo XIX muchas personas creían firmemente en la existencia de los marcianos. Hoy tenemos algunas evidencias de que no existe vida en el planeta Marte y fueron obtenidas por las sondas Vikingo-1 y 2, en 1976, cuyos módulos de descenso hicieron experimentos que trataban de cultivar microorganismos en un medio de cultivo y de detectar la formación de gases derivados de algún metabolismo. Observa el paisaje marciano, Fig. 7.

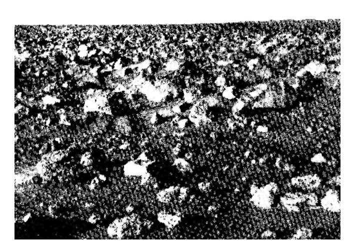


Fig. 7 La superficie de Marte fotografiada desde la nave Vikingo-2

Los resultados fueron negativos en todos los casos y ambiguos en uno, que como después se comprobó se podía explicar por las propiedades químicas de las rocas marcianas. Por eso, en la actualidad se piensa que no hay seres vivos en Marte, aunque es posible, que si los hubiera tenido en el pasado -hace varios miles de millones de años-.[8]

En un principio la panspermia tuvo amplia aceptación, pero muy pronto resultó evidente que esta teoría no resuelve la pregunta de ¿cuál es el origen de la vida? Sino sólo traslada el problema de lugar, primero fuera de la Tierra y después fuera del Sistema planetario Solar. Ve la Fig. 8.

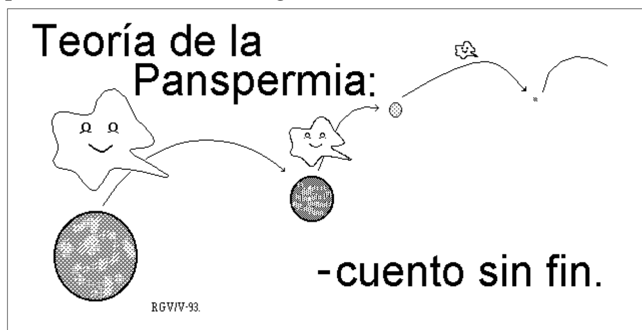


Fig. 8 ¿De dónde llegó la vida a la Tierra? –Pues de Marte, ¿Y la vida de Marte? –Pues de ...

Con el desarrollo de nuestros conocimientos astronómicos también es evidente que las condiciones en el espacio interplanetario o interestelar eran y son sumamente hostiles a lo vivo.

Aún cuando algún organismo sobreviviera a ese medio, queda el problema de su ingreso a la superficie terrestre -que como todos sabemos ahora, implica las enormes temperaturas producidas por la fricción existente entre el cuerpo que ingresa y la atmósfera de la Tierra-.

Además de otras objeciones hay que hacer notar que a veces creemos al Universo más pequeño de lo que

[7] Krzymowski, R. (1897) **La generación espontánea** trad. del alemán por E. Kuhlmann del original de "Die Natur", *Uroboros*, 2(1):176, 1992, p. 176.

[8] En 1998, un vehículo robotizado denominado Pathfinder descendió a la superficie de Marte y tomó fotografías. En los datos de la misión no encontraron evidencias de vida, pero si rastros geológicos de existencia antigua de agua líquida.

realmente es y nos parece muy fácil viajar por él. Nos imaginamos naves espaciales llenas pequeños extraterrestres cómo el famoso *"E. T."*. Debido a ello, creemos necesario que resuelvas el problema que sigue, para que te imagines la magnitud de las distancias involucradas:

Calcula, el tiempo requerido para llegar a α de *Centauri*, la estrella más cercana a nosotros, si un meteorito o nave espacial viaja a la velocidad de 180,000 km/h y la distancia a esa estrella es de aproximadamente 4 años-luz (~3.8 x 10^{13} km) usa la fórmula: $t = \frac{d}{v}$

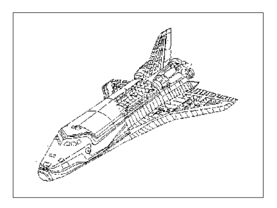
Tiempo = ______________________________ horas.

¿Cuantos días duraría el viaje? ______________. (10)

A pesar de que siempre puede argumentarse que existe la posibilidad de que la vida de la Tierra proviene de otro lugar. Eso no resuelve el problema principal, pues hoy sabemos que el Universo no es eterno y hubo algún tiempo en el cual las condiciones de temperatura, por ejemplo, eran incompatibles con lo vivo (más adelante estudiaremos la historia de él). Así pues ¿cómo surgió la vida por primera vez? Hay respuestas, pero esa pregunta no la responde la teoría de la panspermia. Ahora reflexiona sobre el significado de la figura 8 y la plausibilidad de esta teoría.

Recientemente, Francis Crick y Leslie Orgel han propuesto una variante de esta teoría (**T. de la Panspermia Dirigida**) En ella sugieren que, como la aparición de la vida es muy probablemente un evento muy raro en nuestra Galaxia, lo más probable es que la vida surgiera sólo una vez en toda la Vía Láctea y la vida en la Tierra proviniera de otro sistema planetario en donde ella surgió de un desarrollo gradual de la materia, precisamente como lo propone la Teoría de la síntesis abiótica.

Es decir, una vez que apareció la vida en algún lugar del Universo, ésta evolucionó hasta la aparición de seres inteligentes, mismos que al alcanzar un estado tecnológico un poco más avanzado al nuestro, decidieron sembrar la vida en otros sistemas planetarios recurriendo para ello a naves automáticas llenas de microorganismos. Las cuales arribaron a nuestro planeta hace varios miles de millones de años, depositando ciertas especies de bacterias que con el tiempo evolucionarían hasta dar origen a todos los seres vivos de la Tierra.[9]



Si bien esta teoría suena a ciencia-ficción y por ello, sea cuestionable su calidad de hipótesis científica; es muy sugestivo que nosotros tengamos, de hecho, la capacidad tecnológica de sembrar seres vivos en otros planetas de nuestro propio sistema Solar. De ahí que sea necesario mencionar esta posibilidad y no sea posible desecharla.

TEORIA DE LA SINTESIS ABIOTICA.

En la actualidad esta teoría es la más aceptada por los biólogos, fue propuesta por A. I. Oparin en los años 1921-24 y por J. S. Haldane en el 1929, de manera completamente independiente. Si bien difieren en algunos aspectos ambos sugieren que la vida apareció en la Tierra como el resultado de un largo proceso evolutivo de la materia. En el cual con el paso del tiempo las sustancias químicas fueron alcanzando mayores niveles de complejidad (organización) como resultado de las interacciones ocurridas entre ellas, promovidas por un aporte continuo de energía y la aplicación de una especie selección natural más allá del mero ámbito biológico.

Oparin propuso la existencia de dos fases previas a la aparición de la vida: **LA EVOLUCION QUIMICA y LA EVOLUCION PREBIOLOGICA.**

La Evolución química consistiría en el incremento de los niveles de organización de la materia. De los átomos a las moléculas pequeñas, de las moléculas pequeñas a las moléculas medianas y de éstas a las gigantes (macromoléculas = Biopolímeros). La Evolución prebiológica, implicaría la selección natural de **PROBIONTES** (pequeñas vesículas microscópicas hechas de muchas moléculas producidas en el ambiente sin la participación de seres vivos) con capacidad de aumentar de tamaño, divirse y de transformar sustancias químicas. Desde estructuras con nivel de "complejos multimoleculares" (CMM) hasta el "célular" de los **EUBIONTES** (verdaderos seres vivos).

La biogénesis, el surgimiento de la vida, debe entenderse como un proceso gradual, una serie continua de cambio y selección que sufrieron objetos materiales a lo largo extensos periodos de tiempo. Ve la fig. 9.

[9] Por supuesto que el transbordador espacial sólo sirve para orbitar alrededor de la Tierra, pero nos da una idea de una nave espacial como la que sugiere Crick.

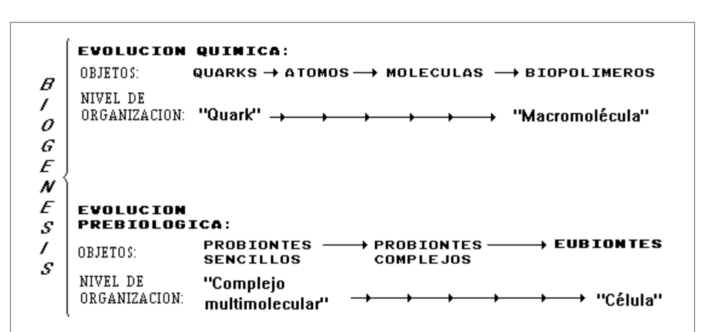


Fig. 9 Idea principal de la Teoría de la Síntesis Abiótica de la Vida.

LA EVOLUCION QUIMICA.

La teoría de la síntesis abiótica propone que los objetos materiales del Universo se fueron transformando gradualmente, aumentando sus niveles de organización hasta dar lugar a las macromoléculas que conforman a los seres vivos, antes de continuar como evolución prebiológica.

De acuerdo a las concepciones modernas esa evolución se puede rastrear desde el comienzo mismo del Cosmos. En particular, la teoría más aceptada sobre el origen del Universo, la teoría de la Gran explosión nos permite conocer los inicios de la evolución de la materia.

LA TEORIA DE LA GRAN EXPLOSION (T. DEL BIG BANG).

Esta teoría propone que toda la materia y la energía del Universo estuvieron concentradas en un espacio casi nulo, en un "punto" que en cierto momento estalló. De modo que el Universo que hoy conocemos es el resultado de los cambios ocurridos a la materia y a la energía durante todo este tiempo en que el Cosmos se ha expandido a causa de esa gigantesca explosión.[10]

Debes de tener presente que es difícil atribuir está teoría sólo a ciertos científicos porque ella es el resultado del trabajo de muchas personas. Por ello sólo mencionaremos eventualmente a algunos personajes importantes sin pretender que ellos son los únicos autores de la teoría.

Lógicamente, si el Universo proviene de una explosión sin precedentes, entonces los objetos, como las galaxias, que lo conforman deben alejarse los unos de los otros. Provocando con ello que el espacio tenga cada vez menos densidad de materia. Ve la fig. 10 .

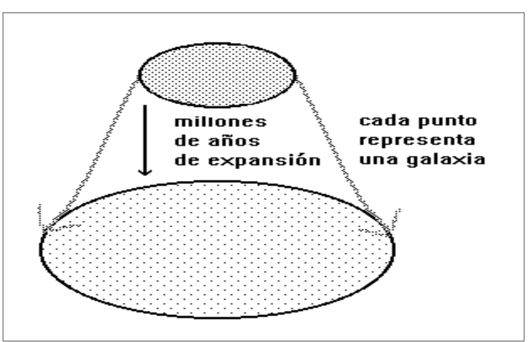


Fig. 10 Efectos de la expansión del Universo según la Teoría de la Gran explosión.

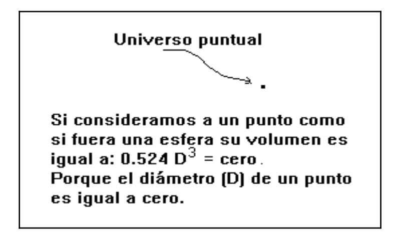
Responde: ¿Qué ocurre con la apariencia a gran escala del Universo si la expansión no es compensada? ____. (11)

¡Claro! como puedes ver, los puntos que representan a las galaxias están cada vez más alejados y la apariencia cambia con el paso del tiempo.

Por el momento existen varias versiones de la Teoría de Gran Explosión compitiendo entre sí y buscando confirmación observacional y experimental. Esas versiones derivan de la aplicación de las leyes y teorías de la física hoy conocidas y de ciertas suposiciones sobre las condiciones iniciales del Cosmos.

La disputa no se ha resuelto aún. Por ello, aquí sólo vamos a narrar una de las alternativas de modo simplificado, sin pretender que es la opción correcta de la teoría del big bang. Pues lo que nos interesa es fijar una idea general de la teoría más aceptada por los especialistas.[11] Para ello, empezaremos viajando al pasado guiados por la teoría y los conocimientos de los cosmólogos.

Viajemos, pues, al pasado remoto del cosmos, hace unos 10,000 ó 20,000 millones de años, por entonces el Universo era, o casi era, un punto geométrico. Fíjate muy bien en lo que significa eso:



¿Cuánto vale el ancho de un punto? __________. (12)

[10] El alejamiento de las galaxias fue descubierta por el astrónomo norteamericano Edwin Hubble en 1929 al estudiar el espectro de la luz proveniente de ellas. Dichos espectros muestran un corrimiento hacia el rojo, que interpretado con el efecto Doppler quiere decir que los objetos que emitieron esa luz se alejan del observador.

[11] Las observaciones del satélite COBE muestran cierto apoyo a la versión standar de la teoría del Big Bang denominada Universo inflacionario. Véase: Casoli, F. (1992) **Los grumos del Big Bang** *Mundo Científico* 129: 960.

¿Cuánto vale el largo de un punto? __________. (13)

¿Cuánto vale el grosor de un punto?__________. (14)

¡Por supuesto!, dado que un punto es un lugar geométrico sin dimensiones. Debido a ello, la Temperatura, la presión y la densidad de la materia era casi infinita ya que si el volumen es cero, no importa cuanta masa posea el Cosmos su densidad será igual a la:

Densidad del Universo = Masa del Universo/volumen del Universo = $\mathbf{M_U/V_U} = \infty$ (El símbolo ∞ significa infinito.).

¿El signo ∞ representa a un número? _________. (15)

¡Claro, como aprendiste en secundaria y no obstante que a ese signo lo usamos para representar una cantidad indefinida, muy grande, más grande que cualesquier número, las propiedades de un infinito no son las de un número; porque si sumamos

$\infty + \infty$ la suma no es igual a 2 ∞ (dos infinitos) sino a ∞ (simplemente infinito).

A diferencia de un número cualquiera, por ejemplo: **a**, ya que: $\mathbf{a} + \mathbf{a} = 2\mathbf{a}$ ó $X + X = 2X$.

Ahora bien, por razones que no son aún muy claras ese Universo puntual explotó de una manera brutal dando inicio al cosmos, al tiempo y al espacio. Desde luego eso implicó que conforme este se expandía, su enorme temperatura[12] y densidad fueran disminuyendo. ¿Por qué empezó a enfriarse el Universo? por que como tú sabes, los gases se enfrían cuando se expanden. Puedes incluso demostrarlo con un experimento. Haz lo siguiente:

Consigue un fijador o un desodorante en spray. Observa la fig. 11.

Toca el recipiente ¿Qué temperatura tiene? ______

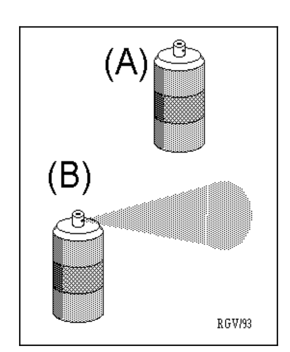


Fig. 11 ¿Cómo cambia la temperatura de un gas cuando se expande?

____. (16)

¿La temperatura del envase será igual a la de su contenido? ___________. (17) Si dudas que sea así, puedes dejarlo en una mesa un buen rato para que el contenido equilibre su temperatura con la del recipiente, fig. 11a.

Ahora dirige un chorro del spray a tu muñeca (como cuando se prueba la temperatura de la leche de una mamila). Observa como el chorro se expande, fig 11b.

Siente la temperatura del chorro. ¿Cómo fue la temperatura del chorro en expansión con respecto a la del bote? ____________________________________

____. (18)

Por lo tanto ¿Qué pasó después del inicio de la expansión del Universo? ¿Cuáles estructuras materiales fueron apareciendo conforme transcurría el tiempo? ¿Cómo fueron cambiando el tamaño y las condiciones del Cosmos? Veamos:

Así, del mismo modo en que el chorro del spray se enfría al expandirse, el Cosmos se ha ido enfriando y por ello han ido cambiando su presión y su densidad permitiendo que la materia adopte diversas formas.

Lógicamente cuando el Universo era tan pequeño como un punto no podía tener átomos, planetas o galaxias pues estos objetos son muy grandes y no pueden existir a la temperatura y presión que había entonces (cercanas al infinito).[13] No obstante ello, en ese momento si había materia y energía aunque en un estado muy diferente al actual. **Recuerda que la materia y la energía no se crean ni se destruyen solo se transforman entre sí.**

Instrucción: Conforme vayas leyendo el texto que sigue, debes de ir llenando la tabla 1 (página 9) con los datos pertinentes y usando muy pocas palabras. Date permiso de equivocarte, primero escribe la información que corresponde y luego compárala con la opinión de tu compañero.

Entonces, cuando apenas habían transcurrido 10^{-35} segundos y la temperatura era de unos 10^{27} ºK aparecieron irregularidades que al pasar el tiempo se amplificaron originando a las demás estructuras del Cosmos. También en ese instante se liberaron grandes

[12] Para medir la temperatura en estos casos se usa la escala Kelvin de temperaturas absolutas. Un grado Kelvin (ºK) vale lo mismo que un ºC, sólo que la escala Kelvin mide la temperatura desde el cero absoluto ubicado a 273.15º debajo del punto de fusión del H_2O. Así pues 0 ºC = 273.15 ºK.

[13] Fíjate que para expresar cantidades muy grandes o muy pequeñas es práctico usar una notación en base a potencias de diez. Donde 10^{-35} equivale a 1.0×10^{-35} porque todo número siempre está multiplicado por el neutro multiplicativo, el dígito uno. Como éste es un entero, tiene al punto decimal a su derecha y el exponente del número «10» nos dice cuantos lugares hay que desplazar al punto; a la derecha si es positivo o a la izquierda si es negativo. Por ej. $10^3 = 1.0(10^3) = 1000$; $10^4 = 1.0(10^{-4}) = 0.0001$ y $2.3 \times 10^5 = 230{,}000$.

cantidades de energía haciendo que el cosmos se expandiera exponencialmente.

10^{-32} seg. después del inicio del big bang, el Universo era del tamaño de una naranja y pasó a expandirse linealmente y la gran cantidad de energía presente hizo que aparecieran pares de partículas de materia y antimateria. Por entonces la temperatura era del orden de los 10^{26} ºK. El Universo era tan caliente que sólo permitía la existencia de una especie de guisado de partículas denominado **"caldo de quarks"** cuyos ingredientes eran: los quarks, los antiquarks, los electrones (e^-), los antielectrones (e^+), los fotones y otros objetos semejantes.[14]

A los 10^{-12} seg. el Cosmos era apenas del tamaño de una esfera de 150 millones de Km de diámetro, es decir, semejante a la distancia que hay entre la Tierra y el Sol (una unidad astronómica). La materia y la energía se interconviertían constantemente la una en la otra. Por ejemplo, los quarks y los antiquarks al chocar se transformaban en fotones y los fotones al encontrarse se convertían en un par de partículas: quark - antiquark.

A ese proceso los físicos lo llaman **Aniquilación**. Como, en ese momento, la temperatura era del orden de 10^{15} ºK entonces el proceso era completamente reversible. Los quarks se transformaban en luz (fotones) y la luz en quarks:

quark + antiquark → fotones

10^{-6} seg. después del inicio de la gran explosión la temperatura ya había disminuido hasta unos 10^{13} ºK. Esto tuvo dos consecuencias:

1. Los quarks pudieron asociarse mediante la interacción nuclear fuerte dando lugar a una clase de partículas que los físicos denominan Hadrones. Los protones (p^+) y los neutrones (n^o) pertenecen a este tipo de partículas al igual que sus antipartículas.
2. La aniquilación dejó de ser un proceso reversible y las partículas de antimateria y de materia reaccionaron dando lugar sólo a fotones. Por ello ahora, casi no hay antipartículas en el Universo y sólo gracias a que existió un ligero exceso de materia; es que hoy encontramos unas cuantas partículas, las cuales constituyen los objetos que nos rodean y a nosotros mismos.

Escribimos «unas cuantas» porque cada una de ellas sobrevivió a la aniquilación de 10^9 partículas de materia y a otras tantas de antimateria dando lugar ese enorme número de fotones.

Por ello el Cosmos, que en ese momento era del tamaño del sistema planetario Solar, era una mezcla de hadrones (**p^+** y **n^o**), leptones (**e^-** y neutrinos), fotones y sus antipartículas.

Cuando habían transcurrido apenas tres minutos desde el big bang, el Universo estaba lo suficientemente frío (de 10^6 a 10^7 ºK) como para permitir, durante unas decenas de segundos, la asociación de cierta cantidad de protones y neutrones formando con ello los núcleos de helio (**He**) y si acaso, unos cuantos de **Li**.

Este importantísimo acontecimiento se denomina **Nucleosíntesis primordial** (*sin-* = unir, *-sis* = proceso). Así pues, en ese momento, el Cosmos estaba formado por una especie de gas de núcleos atómicos en expansión. ¼ de cuya masa era de núcleos de **He^{2+}** y ¾ de núcleos de **H^+.** Todos ellos mezclados con una nube de electrones.

Tuvieron que pasar más de quinientos mil años (>10^6 años) para que ocurriera otro evento importante, la **Formación de los átomos**. Cuando la expansión disminuyó la temperatura a unos 3000 ºK los electrones pudieron formar envolturas alrededor de los núcleos de hidrógeno y helio. Ve la fig. 12.

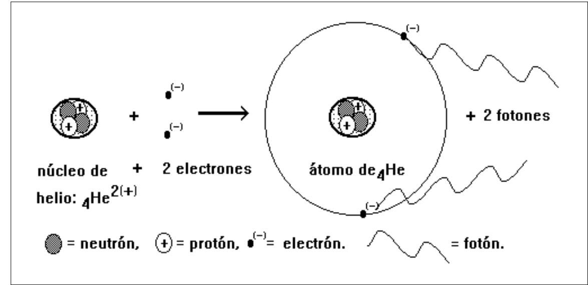


Fig. 12 Paso del nivel de organización "Agregado de Partículas" al nivel "Átomo". Colorea de rosa a los protones.

Esta formación de átomos liberó una enorme cantidad de energía en forma de fotones (luz).

A partir de este momento la luz dejó de interaccionar con la materia y aquella pudo desplazarse libremente por un Cosmos conformado por un gas neutral de **H** y **He** en proporción de ¾ a ¼ y si acaso una pizca de átomos de **Li**.

[14] Los Quarks son las partículas más pequeñas hasta hoy conocidas. De hecho se considera que las partículas verdaderamente elementales son doce: Seis quarks y seis leptones (como el electrón y el neutrino). Por ciertas razones, los quarks, no pueden observarse fuera del interior de los protones y neutrones a los cuales constituyen. Un protón está formado por dos quark «arriba» y un quark «abajo», en cambio un neutrón lo forman dos quarks «abajo» y uno «arriba».

Tabla 1. Resumen de la Teoría de la Gran Explosión

Tiempo transcurridos desde el Big bang	Temperatura del Universo (ºK)	Tamaño del Universo	Eventos importantes	Objetos materiales existentes en cada momento
10^{-35} segundos				
10^{-32} segundos				
10^{-12} segundos				
10^{-6} segundos				
3 minutos				
$\approx 10^{6}$ años				
$\approx 10^{9}$ años				

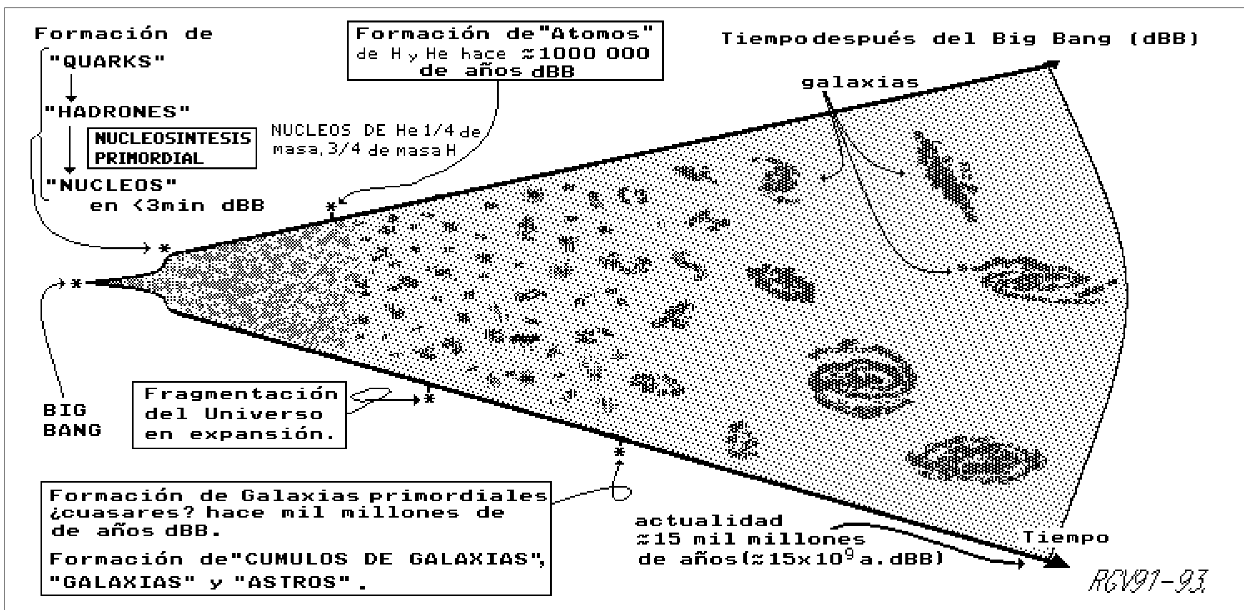
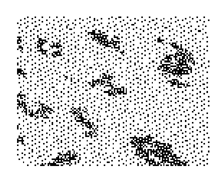


Fig. 13 Esquema de la Teoría de la Gran Explosión. Fíjate que el tiempo transcurre de ________ a ____________.



El último proceso relevante sugerido por la teoría de la gran explosión es la **Fragmentación del Universo** y ocurrió mil millones de años después del inicio del Big Bang (<10^9 años).

La nube de gas atómico formada tiempo antes no pudo seguir expandiéndose de manera pareja, pues la fuerza de gravedad logró romperla en trozos. Primero muy grandes, luego estos en otros más pequeños y estos últimos en otros aún más diminutos. En este momento el Cosmos estaba ya muy frío pues sólo tenía 15ºK, es decir, cerca de 258 ºC bajo cero y estaba constituido por extensas nubes de gas de **H** y **He**, de galaxias en formación (los enigmáticos cuásares) y las primeras estrellas.

Analiza la fig.13, donde tienes esquematizada a la Teoría del Big Bang. Trata de recordar los eventos que sugiere la teoría y descubre como se representan en la figura.

Recuerda que eres tú quien aprende siempre y cuando tus neuronas trabajen.

Contesta las siguientes preguntas:

Escribe los símbolos de los núcleos atómicos formados en ese momento: ______________________. (19)

Anota, también la proporción de la masa del Universo que estaba constituida por ellos: ________. (20)

¿A qué temperatura se formaron los primeros átomos del Universo? ___________________________ºK. (21)

¿A qué Elementos químicos pertenecían los átomos formados? _________________________________. (22)

Cuando se formaron las galaxias y las primeras estrellas ¿Cuánto tiempo había ya transcurrido desde el inicio del Big bang? ___________________________ ____. (23)

¿Cuánto tiempo pasó antes de que se iniciara la Nucleosíntesis primordial?_____________________. (24)

¿De qué elementos químicos se formaron las galaxias y las estrellas? _____________________________. (25)

¿Las galaxias actuales se encuentran a mayor o a menor distancia que antes? ________________. (26)

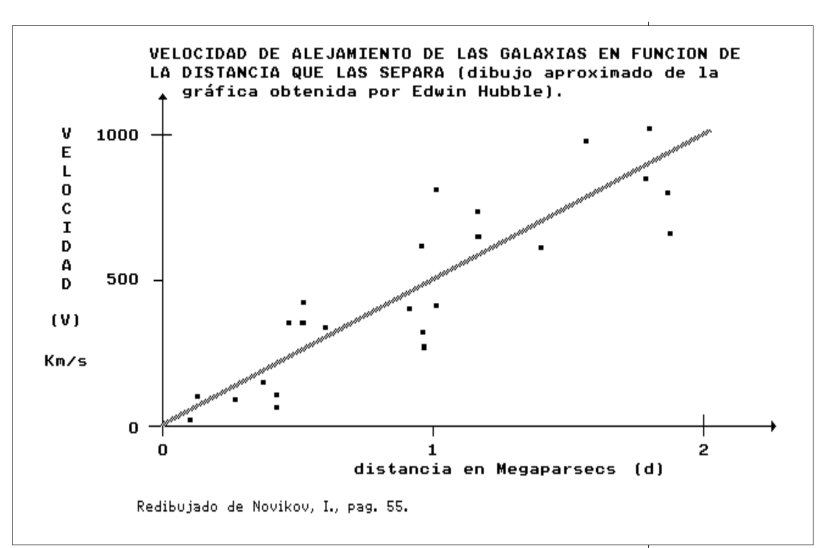
Ahora fíjate en la gráfica 1 y responde:

¿A qué distancia se encontrarán las galaxias si se alejan a una velocidad igual a 1000 Km/s? ________ megaparsecs.[15] (27)

¿A qué distancia se encontrarán las galaxias si se alejan a una velocidad igual a 500 Km/s? ________ ____. (28)

¿A qué distancia se encontrarán todas las galaxias si se alejan a una velocidad igual a cero? ___________ ____. (29)

[15] Un megaparsec es una unidad astronómica equivalente a un millón de parsec, es decir cerca de 3.26 millones de años-luz de distancia.



Gráfica 1 Ley de Hubble: A mayor distancia > rapidez de alejamiento

.¡Claro! pues toda la materia estará en el mismo lugar. Y ¡eso ocurrió hace mucho tiempo!

Edwin Hubble descubrió ese alejamiento de las galaxias estableciendo la ley que lleva su nombre descrita en la gráfica 1 y cuya ecuación es **$V=H_0d$**. donde V = la velocidad de alejamiento de las galaxias, **H_0** = constante de Hubble y d = a la distancia entre dos galaxias.

A partir de aquí es fácil encontrar la fórmula para calcular la edad del Universo, pues tu sabes lo que es la velocidad,

Por ejemplo, ¿a qué velocidad va un coche si cada media hora se desplaza 40 km? ____. (30)

Ahora escribe la ecuación de la velocidad que acabas de usar (no escribas la ecuación de Hubble):

V = d/t

Cómo tú ya conoces estas ecuaciones:

1. **$V=H_0d$**
2. **V=d/t.**

Y es lógico que V = V entonces tu puedes encontrar la fórmula para encontrar la edad del Cosmos con unas cuantas operaciones algebraicas de primero de secundaria.(Iguala los segundos miembros de ambas ecuaciones y despeja al tiempo «t»)

Así pues, el tiempo transcurrido desde el big bang se calcula con la ecuación: t_0 =

Ahora, para conocer efectivamente el tiempo transcurrido desde el inicio del Big bang (t_0) sólo necesitamos medir el valor de H_0, pero como puedes ver de la misma gráfica 1, los datos no tienen la exactitud adecuada para saber con seguridad el valor de la constante de Hubble (H_0) y a través de ella la "edad" del Universo que en la actualidad se estima entre los 13 y los 20 mil millones de años. Nosotros, en este material, usaremos la cantidad de **15 mil millones de años (15×10^9 años)**.

Date cuenta que a lo largo del tiempo, la estructura del Universo se ha ido modificando y ha aumentado el número de niveles de organización existentes, los cuales han ido apareciendo uno tras otro debido a que el cambio en las condiciones de temperatura, presión y densidad del Universo fue permitiendo la aparición de interacciones cada vez más complejas entre sus constituyentes. De allí que eso sea congruente con la evolución química planteada por la teoría de la Síntesis abiótica.

Una lista de las pruebas científicas más importantes acumuladas puedes leerlas en la tabla 2.

TEORIA DEL UNIVERSO (ESTADO) ESTACIONARIO.

Esta teoría fue propuesta por Herman Bondi y Thomas Gold en simultáneidad con Fred Hoyle en 1948 en contraposición a la teoría de la gran explosión. En ella (la TUE) se afirma que el Universo tiene, en cualquier lugar y tiempo, la misma apariencia a gran escala que hoy observamos a través de los telescopios.

Como para ese entonces ya se había descubierto que las galaxias (conjuntos de cientos de miles de millones de estrellas) se alejan unas de otras diluyendo con ello la materia del Universo, los autores, para poder sostener su hipótesis, tenían que proponer un mecanismo para compensar esa dilución y entonces sugirieron la creación de materia a la ínfima velocidad de un átomo de hidrógeno (**H**) cada mil millones de años en cada litro de espacio. Analiza la fig. 14 y responde:

Tabla 2. Principales pruebas de la Teoría de la Gran explosión.

Predicciones	Puebas de la Gran Explosión
1. **Expansión del Universo**	Corrimiento al rojo de la luz de las galaxias. (Hubble, 1929) Interpretado con base en el efecto Doppler.
2. **Nucleosíntesis** de He e H a los 3 minutos de la gran explosión en una proporción de ¼ : ¾ ..	Composición química a gran escala del Universo, ¼ de la masa es helio y ¾ hidrógeno.
3. **Formación de átomos** hace ≈ 1 millón de años después de la gran explosión emitiendo luz.	La radiación (luz) isótropa de 2.7ºK (1965). Recientemente el satélite COBE midió la radiación con gran precisión demostrando coincidencia con la predicción
4. **Existencia** de sólo 3 ó 4 familias de partículas elementales (quarks + leptones)	Mediciones hechas en el gran colisionador de protones del CERN en Ginebra demuestran que sólo hay 3 familias de partículas.
5. El Universo no puede ser más joven que sus primeras estrellas	La edad de las estrellas más viejas conocidas de acuerdo a nuestras observaciones y de los modelos de evolución estelar está entre 12-17 x 10^9 años.
6. Las primeras estrellas se formaron de un gas muy pobre en elementos Z>2, puesto que la nucleosíntesis primordial duro muy poco tiempo.	La composición química de las estrellas más viejas demuestra que casi no tienen elementos más pesados que el helio.
7. **Aniquilación** de la materia y la antimateria con la sobrevivencia de un exceso de materia y la formación de grandes cantidades de fotones (luz).	La abundancia de fotones en el Universo es de 1 fotón por cada 10^9 protones y neutrones..

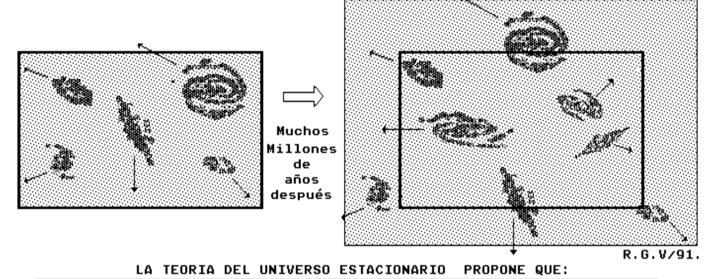


Fig. 14 Teoría cosmológica del Universo Estacionario.

¿Cuántas galaxias hay en el rectángulo de la izquierda? ____________________. (31)

Al transcurrir el tiempo ¿qué les ocurrió a las galaxias de la pregunta anterior? (observa el rectángulo de la derecha). ____________________
____
____________________. (32)

¿Cuántas galaxias hay en el rectángulo de la derecha?
____________________. (33)

¿Cambió la densidad de materia en el Universo conforme se expandía? ____________________. (34)

Eso ocurre así, de acuerdo a la hipótesis de Hoyle, por la creación continua de materia.

Otra manera de representar esta idea está representada en la figura 15. Obsérvala y responde:

¿Qué representa cada óvalo de la fig. 15? ________
____________________. (35)

¿Cómo están representadas las galaxias? _________
____________________. (36)

Con el paso del tiempo ¿qué pasa con el tamaño de la porción del Universo allí representada? ________
____________________. (37)

¿Qué pasa con la distancia existente entre las galaxias al transcurrir el tiempo? ____________________
____________________. (38)

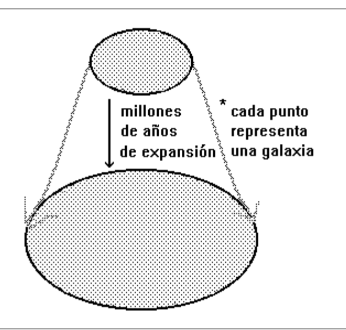


Fig. 15 Otra representación de la idea de un Universo estacionario.¿Cómo es la apariencia a gran escala del Universo con el paso del tiempo, de acuerdo con la TUE?

____

____

___________________(39)

En la otra teoría cosmológica (TBB), en la cual no se sugiere la creación continua de materia, se piensa que la expansión del Universo afecta su apariencia a gran escala ¿cuál sería ese efecto? ______________________

____

______________________________________. (40)

¡Claro! como puedes ver en la figura 10 los puntos, que representan a las galaxias están cada vez más alejados y la apariencia del Universo en expansión no es la misma.

Tu podrías refutar teóricamente (argumentar convincentemente en contra de) a la teoría del Universo estacionario. Si recurres a un principio de física, muy famoso, que tú conoces bien

Escribe el nombre de ese principio de conservación y lo que afirma: (La fig. 14 tiene una pista) _______

____

____

______________________________________. (41)

Anota también ¿Por qué ese principio de conservación debilita a la Teoría del Estado estacionario?

____

____

____

______________________________________. (42)

Otra dificultad muy importante para la Teoría del Universo Estacionario apareció en 1965 cuando los radioastrónomos A. Penzias y R. Wilson descubrieron una radiación que inundaba homogéneamente todo nuestro espacio sin importar la dirección, actualmente llamada Radiación de fondo cósmico de **2.7 ºK**.

Esa radiación (luz) sólo pudo ser producida por un objeto mucho muy caliente y pequeño como para poder emitirla con tanta uniformidad. Ese objeto fue el Universo mismo y eso quiere decir que el Cosmos era diferente en el pasado y como eso, es lo opuesto a lo que sugiere la Teoría del Universo Estacionario, entonces, la gran mayoría de los astrónomos cree que la TUE es errónea.

Incluso el propio Hoyle a modificado parcialmente su opinión y trabaja con el objeto de encontrar una versión diferente de la teoría del estado estacionario que explique a la radiación de fondo cósmico y evite la refutación implícita en la existencia de esa radiación.

Con el objeto de que comprendas por qué este descubrimiento refuta a la teoría del Universo estacionario, Has lo siguiente: Toma un clavo (o una aguja, si estás en clase), obsérvalo y responde:

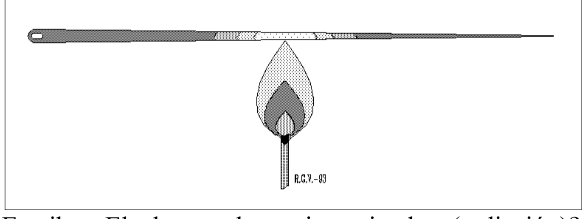
¿El clavo (aguja), que tienes en tus manos, emite luz?

______________________________________. (43)

Ahora obsérvalo en la oscuridad. ¿emite luz en éstas condiciones? ______________________________. (44)

Nosotros suponemos que tus respuestas fueron negativas y también es probable que consideres estas preguntas un poco tontas, pero lo interesante viene después, cuando hagas los siguientes experimentos:

Toma el clavo o la aguja con pinzas, coloca el clavo dentro de la flama de tu estufa (si estás en clase introduce la aguja en la flama del encendedor). Toma tus precauciones, no te vayas a quemar.



Escribe ¿El clavo o la aguja emite luz (radiación)?

______________________________________. (45)

Ahora míralo en la oscuridad, ¿En éstas condiciones emite luz? ______________________________. (46)

Toma otro clavo frío (u otra aguja) y caliéntalo 1 minuto, enfríalo y vuelve a calentarlo 2 min., y luego 4 min. ¿Qué pasa con el color de la luz? Anótelo:

____

____

____

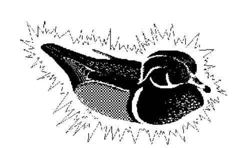
______________________________________. (47)

Nombre de la Teoría cosmológica	¿Cómo es la Temperatura del Universo con el tiempo?	Edad del Universo	¿Cuándo se crea la Materia?	¿Cuándo se formó el hidrógeno?

Tabla 3. Resume en la tabla lo peculiar de cada teoría.

¿De qué depende el color de la luz (radiación)? Escribe: ____. (48)

Fíjate que todos los cuerpos emiten luz (radiación) de acuerdo a su temperatura, si están fríos esa luz será invisible a nuestros ojos y si está muy caliente tampoco la veremos.



Así pues, a partir del análisis de la luz que emiten los cuerpos, podemos saber su temperatura. En esto se basan los equipos de visión nocturna usados por los ejércitos más modernos, ya que todo combatiente emite luz infrarroja de acuerdo a su temperatura corporal (37 ºC).

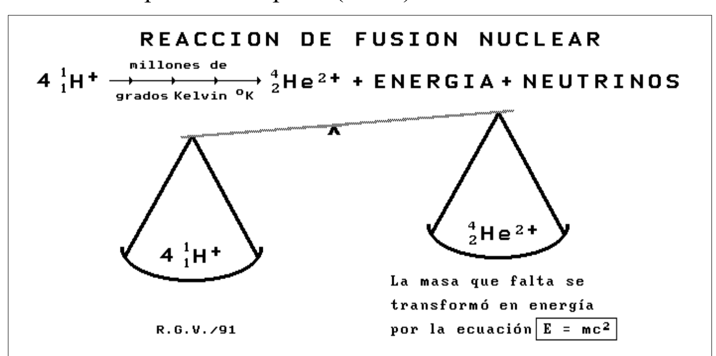


Fig. 16 ¡Cuando la masa se convierte en energía!

¿Comprendes ahora porque fue tan importante este descubrimiento? Como la Teoría del estado estacionario propone que el Universo es eterno y siempre ha tenido la misma apariencia, entonces no puede explicar la existencia de la luz invisible, descubierta en 1965, pues esa radiación es la prueba de que el Universo estuvo muy caliente hace miles de millones de años, pues ella es la luz que emitió el Cosmos cuando era muy caliente y mucho más pequeño que ahora. Y por supuesto, al paso de tanto tiempo se ha ido "enfriando" hasta los 2.7ºK grados Kelvin (= 270.6 ºC bajo cero) de la actualidad.

Ahora completa la tabla 3.

ORIGEN DE LOS ELEMENTOS MAS PESADOS QUE EL HELIO

Otro punto importante en nuestro relato es describir como aparecieron los demás elementos químicos que conforman a los seres vivos y los cuales no se formaron durante la nucleosíntesis primordial, pues entonces no hubo tiempo suficiente para la formación de núcleos más complejos y pesados que el Helio (número atómico Z >> 2).

La formación de otros elementos requiere de elevadas temperaturas, pero la expansión del Universo pronto hizo descender su temperatura. Así pues, mil millones de años después de la gran explosión el Cosmos ya estaba muy frío y tenía apenas 15ºK.

¿Dónde entonces pueden existir los millones de grados necesarios para formar los núcleos de otros elementos? Pues en las estrellas, ya que sólo en el centro de ellas existe la temperatura requerida, porque el peso del gas que lo rodea provoca una enorme presión y en consecuencia eleva la temperatura del centro de estos astros hasta millones de grados, lo suficiente para iniciar y mantener Reacciones de Fusión Nuclear.

En otras palabras, la aparición de las estrellas permitió que se llevara a cabo la **Nucleosíntesis Estelar,** proceso mediante el cual núcleos de **H** y **He** se fusionan dentro de las estrellas formando los núcleos atómicos de los elementos más pesados que el helio (Z >2).

Tú conoces la ecuación de Einstein: $\mathbf{E = m\,c^2}$, es muy famosa y quiere decir que la masa puede ser convertida en energía. Por ejemplo: en una reacción de fusión nuclear que produzca el núcleo de $^4He^{2+}$ a partir de la unión de 4 núcleos de $^1H^+$ se libera energía como consecuencia de que los cuatro núcleos de hidrógeno pesan más que el núcleo de helio formado. La diferencia de masa se transforma en energía:

$$4\,{}^1_1H^+ \rightarrow\rightarrow\rightarrow {}^4_2He^{2+} + energía + 1neutrino$$

Observa la fig. 16.

La energía liberada en esas reacciones sirve para mantener la presión que sostiene a las capas superio-

res de la estrella. Todas las estrellas inician su historia fusionando hidrógeno en una serie de reacciones nucleares cuya ecuación global la puedes ver en la figura 17. ¿Cuántos protones y neutrones tiene un núcleo de He^{2+}? ____________________________. (49)

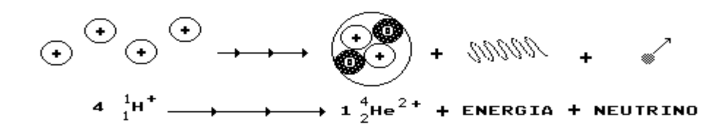


Fig. 17 La fusión del hidrógeno es la reacción más importante del Universo

Al agotarse el hidrógeno del centro, disminuye la producción de energía y la presión se reduce ocasionando que el núcleo estelar se comprima bajo el peso de las capas superiores, eso logra que la temperatura aumente y entonces sea posible, por ejemplo, que el helio funcione como combustible de otra reacción de fusión nuclear (figura 18):

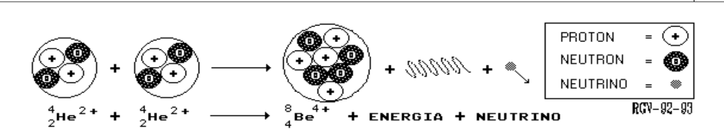


Fig. 18 El Helio también sirve de combustible nuclear.

$$^4_2He^{2+} + ^4_2He^{2+} \rightarrow ^8_4Be^{4+} + energía + neutrinos$$

.
(nota como se suman las masas de los núcleos).

Cuando se agota el helio, el centro de la estrella vuelve a comprimirse y al aumentar la temperatura empieza otra reacción:

$$^8_4Be^{4+} + ^4_2He^{2+} \rightarrow ^{12}_6C^{6+} + energía + neutrinos$$

Este ciclo se repite varias veces formándose progresivamente los núcleos atómicos de elementos químicos cada vez más pesados.

Por ejemplo, Completa la ecuación ¿qué elemento se forma al fusionar carbono y helio?

$$^{12}_6C^{6+} + ^4_2He^{2+} \rightarrow ^{16}_8____^{8+} + energía + \eta$$

(50)

Y así sucesivamente hasta que al formarse el Fierro:

$$^{52}_{24}Cr^{24+} + ^4_2He^{2+} \rightarrow ^{56}_{26}Fe^{26+} + energía$$

Entonces, se suspenden todas las reacciones nucleares porque de aquí en adelante las reacciones de fusión consumen energía en vez de producirla. La estrella queda entonces con una estructura semejante a la de una cebolla (varias capas concéntricas de diferente composición elemental) ve la fig 19.

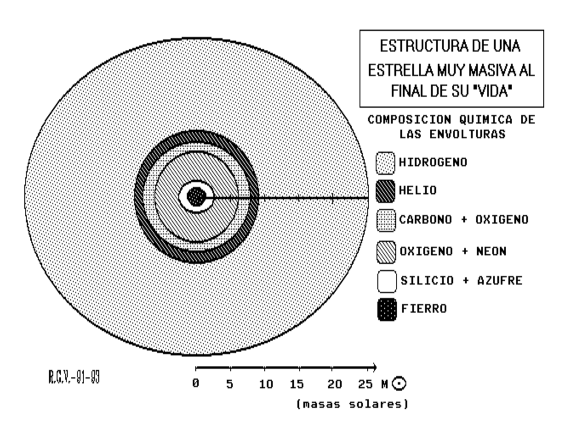


Fig. 19 Estructura de un corte transversal de una supernova antes de estallar. Colorea de amarillo la capa rica en silicio y de verde la rica en hidrógeno

Así pues se forma al centro de la estrella una esfera hecha de núcleos de Fierro (Fe). Como las reacciones nucleares en las que intervienen los núcleos de fierro son endotérmicas se suspenden todas las reacciones de fusión y ya no se libera más energía en el centro de la estrella. Figura 20.

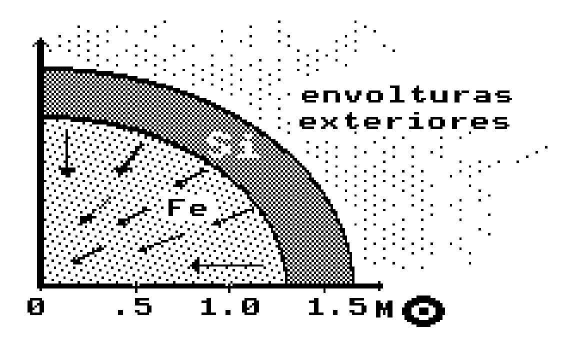


Fig. 20 Primero se agotan los combustibles nucleares fusionables.

Cuando esto ocurre el centro de Fe no puede sostener a las envolturas gaseosas superiores y es comprimido a tal grado que el Fe del centro se transforma en una esfera de neutrones (**nº**). Figura 21.

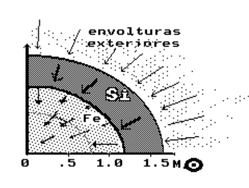


Fig. 21 El centro hecho de Fe es comprimido brutalmente.

Como esa esfera central hecha de neutrones (**nº**) es incompresible, las capas superiores, que caían hacia el centro, rebotan en éste y se expanden hacia el espacio interestelar en una explosión que libera (durante unos meses) la energía equivalente a 100,000 millones de estrellas. ¡= Toda una galaxia! Fig. 22.

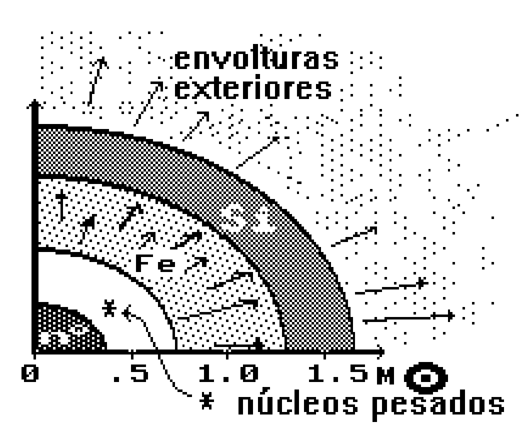


Fig. 22 Los núcleos de Fe no resisten la presión y se convierten en …

Estas estrellas en explosión se llaman **Supernovas** porque se liberan inmensas cantidades de energía (durante 1 ó 2 meses) y el brillo de la estrella en explosión es equivalente al brillo de una galaxia completa. De modo que con frecuencia se hace visible en el firmamento como si fuera un estrella nueva, pues antes de la explosión ella no era visible. En ese instante la temperatura es tan alta y hay tantos neutrones (**nº**) que pueden formarse los núcleos de los elementos más pesados que el Fe. por ejemplo:

$^{56}_{26}Fe^{26+} + 141n^{0} \rightarrow ^{197}_{79}Au^{79+}$, que produce al elemento llamado:______________. (51) ó también

$^{56}_{26}Fe^{26+} + 182n^{0} \rightarrow ^{237}_{92}U^{92+}$, que forma al elemento denominado: ___________________. (52)

En otras palabras, todos los elementos que forman nuestro planeta y a los seres vivos, menos el hidrógeno y el helio, se formaron en el interior de las estrellas, fíjate: **"somos polvo de estrellas"**

Tabla 4. Abundancia de los primeros 30 elementos químicos de cada 100, 000 átomos. Tomado de Zentella (1984).

Elemento	Universo	Tierra	Corteza	Océano	Cuerpo humano
Hidrógeno	92 714	120	2 882	66 200	60 563
Helio	7 185	-	-	-	-
Litio	-	-	9	-	-
Berilio	-	-	-	-	-
Boro	-	-	-	-	-
Carbono	8	99	55	1.4	10 680
Nitrógeno	15	0.3	7	-	2 440
Oxígeno	50	48 880	60 425	33 100	25 670
Flúor	-	3.8	77	-	-
Neón	20	-	-	-	-
Sodio	0.1	640	2 554	290	75
Magnesio	2.1	12 500	1 784	34	11
Aluminio	0.2	1 300	6 251	-	-
Silicio	2.3	14 000	20 475	-	-
Fósforo	-	140	79	-	220
Azufre	0.9	1 400	33	17	130
Cloro	-	45	11	340	33
Argón	0.3	-	-	-	-
Potasio	-	56	1 374	6	37
Calcio	0.1	0.1	1 878	6	230
Escandio	-	-	-	-	-
Titanio	-	-	191	-	-
Vanadio	-	-	4	-	-
Cromo	-	-	8	-	-
Manganeso	-	-	37	-	-
Fierro	1.4	1.4	1 858	-	-
Cobalto	-	-	1	-	-
Níquel	0.1	0.1	3	-	-
Cobre	-	-	1	-	-
Zinc	-	-	2	-	-
Total	99 999.5	99998.1	99 999	99994.4	99 999

Analiza la tabla 4 y escribe el símbolo de los 10 elementos más abundantes en el Universo: _______, _______, _______, _______, _______, _______, _______, _______, _______, __________. (53)

Y a los 10 elementos más abundantes del cuerpo humano: ________, _______, _______, _______, _______, _______, _______, _______, _______, _______. (54)

Los elementos químicos que constituyen a los seres vivos se llaman Elementos biogenéticos (*gen* = producir) y los seis más importantes según ciertos criterios además de representar el 99% de su masa pueden recordarse fácilmente memorizando la palabra "**CHONPS**". Escribe el nombre de esos seis elementos biogenéticos más abundantes:

____________, ______________, ______________, ____________, ______________, ______________. (55)

¿En qué lugar del Universo se formaron los elementos biogenéticos? En __________________________ ____. (56)

ORIGEN del SISTEMA PLANETARIO SOLAR.

Los únicos seres vivos que conocemos se encuentran en nuestro planeta Tierra; de ahí que para explicar el surgimiento de la vida sea necesario dar cuenta de la formación de estos astros y los sistemas planetarios .

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, existe desde hace unos 8 mil millones de años y nuestra estrella, el Sol, tiene apenas 4 mil seiscientos millones de años. Por ello se dice que nuestro Sol es probablemente una estrella de segunda o tercera generación, y la nebulosa (región del espacio con mayor concentración de gas y polvo) que dio origen a nuestro sistema planetario estaba constituida no sólo por gas hidrógeno (**H**) y helio (**He**), sino también por cerca de un dos por ciento de elementos Z > 2 (más pesados que el He) generados en el interior de estrellas de la primera y segunda generación y depositados en el espacio al finalizar sus "vidas" como vimos antes.

En las figuras 23-26 esquematizamos la formación de un sistema planetario.

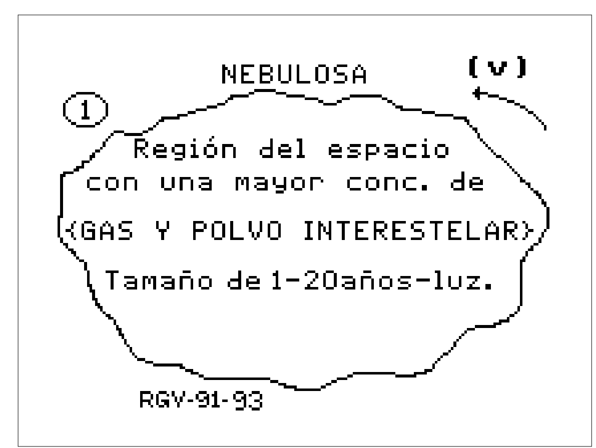


Fig. 23 Nebulosa, pequeña, pero no tanto.

La materia prima es una nebulosa (*nebu* = nube, *-ulo* = pequeño) que no obstante su nombre, derivado de su apariencia en las fotografías tomadas por los astrónomos, es muy grande y sus dimensiones se miden en años-luz (9.5 x 10^{12} km). (Fig. 23)

Aún así, una Nebulosa es mucho más pequeña que cualquier galaxia. Nuestra Vía Láctea tiene contiene muchas nebulosas. Para que tengas una idea clara de esto, Calcula ¿cuántas veces el diámetro de una nebulosa cabría en el de una galaxia?: Datos: el tamaño de una nebulosa cualquiera es de 1 ó 2 años-luz y el de una galaxia pequeña es del orden de 10^{20} m: ________________________________. (57)

La formación de un sistema planetario comienza con la caída del gas y polvo interestelares de la nebulosa hacia su centro de masa (**colapso gravitacional**) provocado por ejemplo por una onda de choque producida por la explosión Supernova de una estrella relativamente cercana (así se cree que ocurrió en nuestro caso) ve la fig. 24.

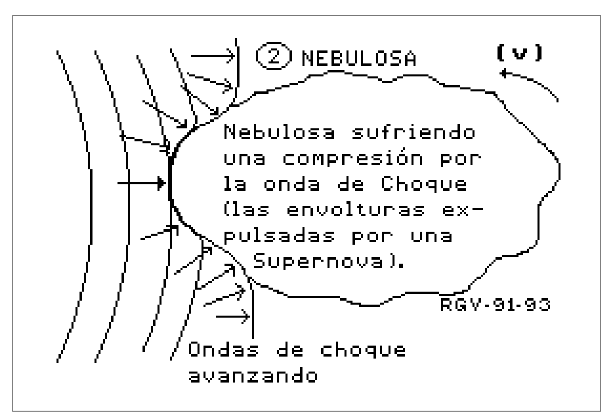


Fig. 24 Todo se inicia con el colapso gravitacional del gas interestelar. Resalta en rojo a las ondas de choque.

Como la nebulosa giraba lentamente alrededor de su propio eje, al ir disminuyendo de tamaño conforme el gas y el polvo caían al centro, la velocidad con que giraba iba en aumento; de la misma forma que una patinadora sobre hielo aumenta la velocidad con que gira al ir acercando sus brazos al eje de su cuerpo. (fig. 25).

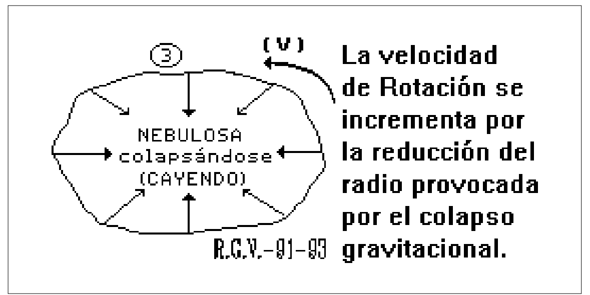


Fig. 25 Menor tamaño mayor velocidad angular. Colorea de azul a la materia, el gas y polvo interestelares que caen durante el colapso.

Al cabo de un tiempo casi todo el gas y el polvo interestelar se encontraron concentrados en una esfera bastante mayor que nuestro Sol, excepto una pequeña porción situada en el plano ecuatorial, debido a la acción de la fuerza centrífuga.

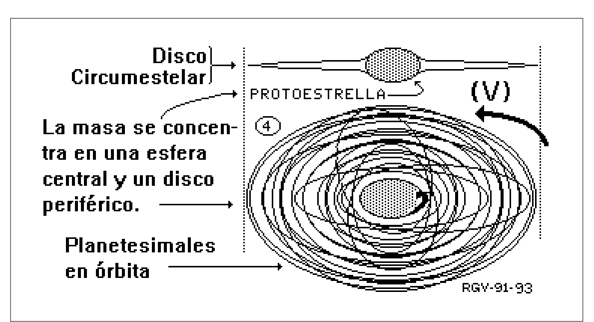


Fig. 26 El colapso gravitacional casi termina. Colorea de amarillo a la nueva estrella.

Mientras en la esfera no se enciendan las reacciones de fusión nuclear, a ella se da el nombre de: **Protoestrella:** (*proto-* = primero) y al resto, acomodado en un disco delgado y plano girando a su alrededor, se denomina: **Disco circumestelar** (*circum-* = alrededor). Fíjate en la forma de las órbitas de los cuerpos que conforman al disco. Fig. 26.

Con el paso del tiempo ambas estructuras se convertirán en una estrella y en una serie de planetas, respectivamente (fig. 27).

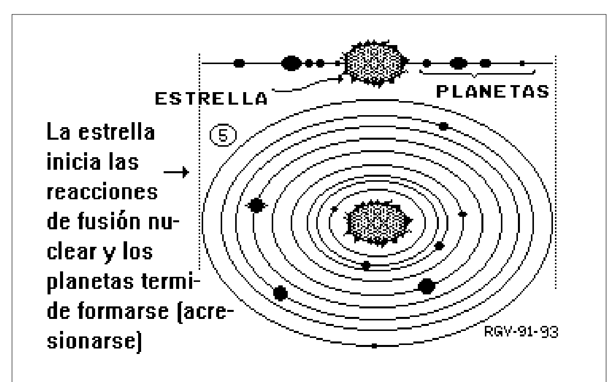


Fig. 27 Al final se forman los planetas. Colorea de amarillo a la nueva estrella.

¿Cuántos planetas están representados en la figura 27? ______________________________. (58)

El proceso por el cual se forman de los planetas se llama **ACRECION** y ocurrió aproximadamente así:

- Primero los granos de polvo del disco circumestelar sirven de núcleo de agregación a partir de los cuales se forman unos cuerpos sólidos que giran alrededor de la protoestrella llamados **Planetesimales.** Cada planetesimal crecía sí y sólo si en una órbita muy cercana y paralela se movía otro planetesimal. Más temprano que tarde ambos cuerpos se emparejaban provocando que la fuerza de gravedad aumentara debido al acercamiento, alterando con ello la órbita del planetesimal más pequeño. Fig. 28.



Fig. 28 Ilumina de azul la trayectoria de los dos planetesimales.

- De modo que ambas órbitas se cruzaban suavemente, entrando en curso de colisión; permitiendo reunir en un sólo cuerpo a los dos planetesimales. Figura 29.

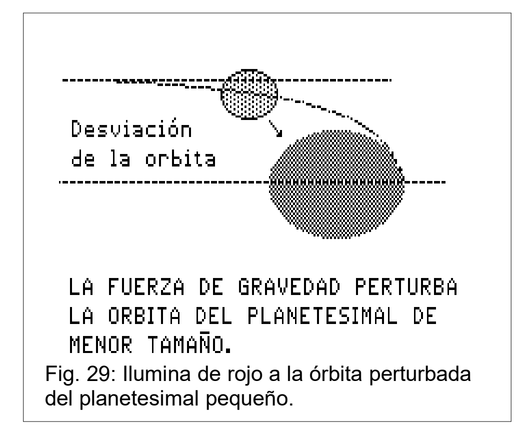


Fig. 29: Ilumina de rojo a la órbita perturbada del planetesimal pequeño.

- El choque a baja velocidad permitío el aumento de la masa de los planetesimales grandes a costa de la materia de los pequeños. Ese aumento de masa permitió que el planetesimal afectara la órbita de planetesimales mas lejanos. La captura de estos incrementó aún más su fuerza de gravedad e intensificó el proceso. Fig. 30.



Fig. 30 La acreción (agregación) en acción.

- Después de tan sólo unos cientos de miles de años el número de cuerpos disminuyó a unas decenas de objetos del tamaño de los planetas y sus satélites. Cuando la protoestrella inició las reacciones de fusión nuclear se convirtió en una estrella y comenzó a lanzar una enorme cantidad de partículas al espacio (Viento estelar) que arrastró al gas y polvo sobrante hacia el exterior del sistema planetario recién formado, bastante más lejos de la órbita de Neptuno donde hay un anillo formado por cuerpos de varios km de diámetro en órbita solar constituidos por hielos mezclados con otros materiales (la nube de Oort). Esos cuerpos se convierten en cometas cuando sus órbitas son alteradas por perturbaciones gravitacionales, lanzándolos, de ese modo hacia el interior del sistema planetario.

- El resultado final es una estrella con planetas a su alrededor y estos rodeados a su vez por “lunas”. Fig. 31

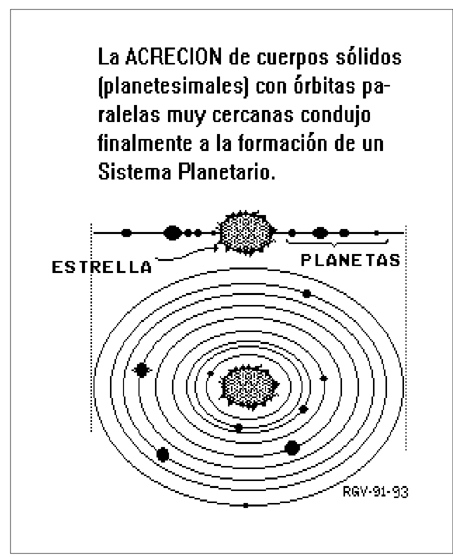


Fig. 31 ¡Este es el resultado de la Acreción!

Los detalles de este escenario están aún discutiéndose, pero se tienen evidencias de la acreción. Por ejemplo:

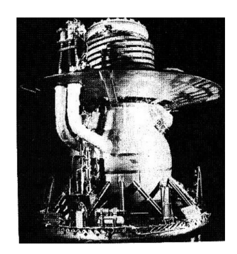


Fig. 32 Sonda Venera 14, módulo de descenso a la superficie de Venus.

1. Las fotografías tomadas por sondas automáticas -Mariner, Venera, Vikingo y Voyager, entre otras -revelan que todos los cuerpos de nuestro sistema planetario sufrieron el bombardeo de meteoritos que dejaron sus superficies cascadas, cubiertas por millones de cráteres de impacto. (fig. 32 y 33)

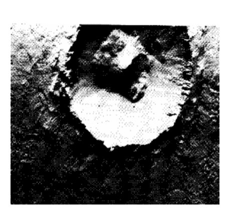


Fig. 33 Fotografía del cráter de impacto Arandas en la superficie de Marte.

2. La aplicación de las leyes de la mecánica a un programa de simulación por computadora conduce siempre a la formación de cuerpos parecidos a planetas.
3. Se han logrado observar discos de materia circumestelar alrededor de varias estrellas cercanas (*ß-pictoris*, *Vega* y otras) gracias a un telescopio orbital llamado IRAS que tomó fotografías con un detector sensible a la luz infrarroja.
4. También ya se han detectado más 700 planetas orbitando alrededor de otras estrellas, tales como: 51-*Pegasi*, 55-*Rho Canneri, Tau Bootes* y *ß-Pictoris.* Aunque la mayoría de esos exoplanetas (planetas extrasolares) son inmensos gigantes gaseosos y super-Tierras. Pronto se espera encontrar planetas de tipo terrestre con la misión Kepler. [16]

La mayor temperatura existente en las órbitas cercanas al naciente Sol determinó que se formaran dos tipos de planetas con características opuestas, los **Planetas de tipo Terrestre** conformados cerca del Sol, los cuales son pequeños, densos, sólidos y constituidos por sustancias refractarias y los **Planetas Jovianos** (semejantes a Júpiter). Anota las características de los planetas jovianos:

1. ____.
2. ____.
3. ____.
4. ____.
5. ____. (59)

Por último debemos decir que la caída de meteoritos sobre la superficie liberaba enormes cantidades de calor, tú mismo puedes usar una analogía de la caída de tales cuerpos.

1. Toma un martillo toca con la mano la superficie de la cabeza del martillo para que te des cuenta si está frío o caliente. Figura 34.

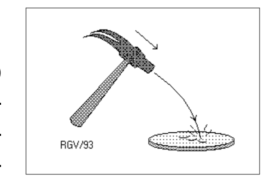


Fig. 34 ¿Qué genera el impacto?

2. Ahora déjalo caer (golpea) sobre una superficie, digamos un trozo de lámina, inmediatamente después, vuelve a tocar al martillo. Escribe ¿qué cambios notaste? ____ ____. (60)
3. Vuelve a hacerlo pero después de golpear la lámina unas diez o veinte veces y repite la experiencia (ten cuidado, piensa cómo lo vas a hacer). Anota el resultado: ____ ____ ____. (61)

Ahora, observa la fig. 35 y escribe ¿Qué proceso ocurrió por la acumulación del calor producido por la caída de meteoritos y de la desintegración de isótopos de uranio ( ), torio ( ) y potasio ( )?

__________________ ______________________. (62)

[16] Puedes encontrar más información en el dossier **Los nuevos planetas** En *Mundo Científico*, nov. de 1996, 173:926-46 y también en Flamsteed, S (1997) **Planetas increíbles** *Discover en español,* octubre, 26-32.

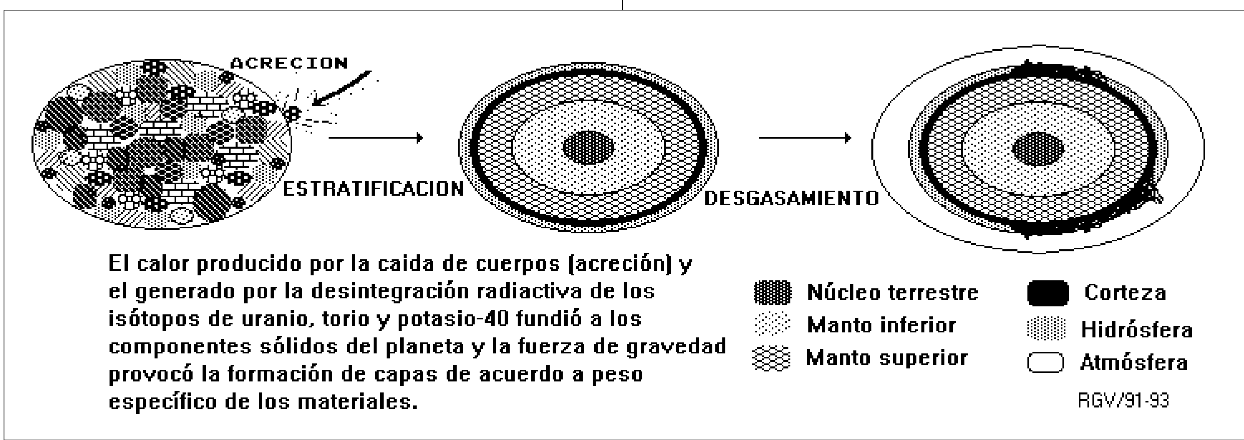


Fig. 35 La Estratificación es resultado del calor acumulado dentro de la Tierra.

Por supuesto, la formación de capas o estratos de materia en el planeta -recién formado- de acuerdo al peso específico de las sustancias que formaron cada capa.

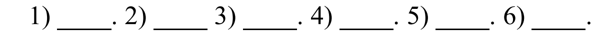
Analiza la fig.36 y anota ¿Qué se formó como consecuencia del **Desgasamiento del manto y de la corteza terrestres**? Es decir, ¿qué se formó como resultado de la estratificación de las sustancias más ligeras? 1) ______________________________
y 2) ______________________________. (63)

La **atmósfera original** de la Tierra estuvo formada por H_2 y He gaseosos. Como estas sustancias son muy volátiles y la Tierra, dada su pequeña gravedad, es incapaz de retenerlos a menos que la temperatura sea muy baja, entonces, muy pronto estos gases escaparon hacia el espacio.

Es probable que la Tierra nunca se haya quedado sin atmósfera, pues los gases aportados por los meteoritos del bombardeos hace 3900 millones de años y por el manto y la corteza, formaron una cubierta gaseosa constituida principalmente por sustancias más o menos reducidas (unidas químicamente a hidrógeno) que sustituyó a la atmósfera original.

No sabemos con precisión la composición de la **Atmósfera primitiva**, pero parece que hay consenso en admitir que tenía muy poco oxígeno elemental (O_2), es decir que era una Atmósfera reductora (dadora de e^-) y no oxidante como la actual **Atmósfera Secundaria**, la que por supuesto quita electrones.

Analiza el dibujo de la fig. 36 y escribe el nombre de las sustancias gaseosas derivadas del desgasamiento que conformaron a la Atmósfera primitiva:


1) ____. 2) ____ 3) ____. 4) ____. 5) ____. 6) ____.

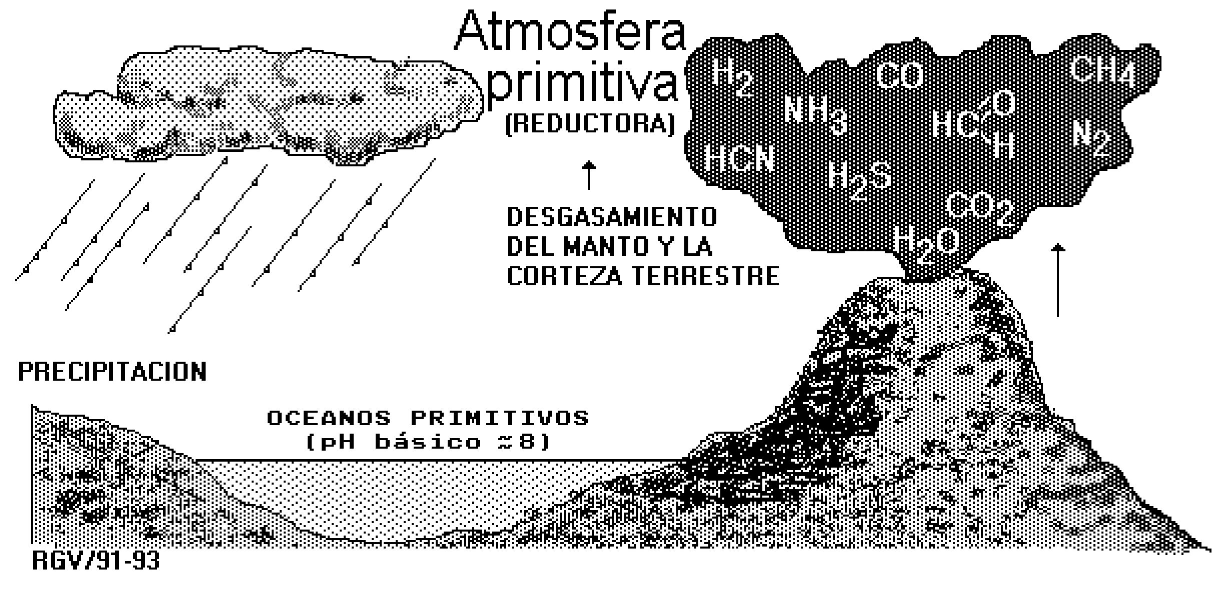


Fig. 36 ¿Cuáles capas geológicas se formaron por desgasamiento?

7) _____ 8) _____ 9) ______. 10) ________ (64)

Escribe ¿El desgasamiento del manto y de la corteza terrestre es un proceso que derivado de la misma **ESTRATIFICACION** o es un proceso completamente independiente? ____. (65)

Fíjate que el desgasamiento permitió la aparición de grandes cantidades de agua en estado de vapor que en cuanto la temperatura bajó lo suficiente pasó al estado líquido, formando, muy pronto, un **Océano primitivo** poco salado, rico en $NaHCO_3$ y con pH básico, es decir con una concentración elevada de iónes **OH**. Pronto se estableció un ciclo hidrológico semejante al actual en donde ocurrieron muchas de las reacciones químicas que dieron lugar a los compuestos orgánicos y a partir de ellos los primeros seres vivos, después millones de años de evolución.

EVIDENCIAS DE LA EVOLUCION QUIMICA.

Conocer con precisión acontecimientos del pasado es difícil, aunque éste sea cercano. Nosotros mismos podríamos plantearnos el problema de saber lo que hicimos el año pasado por estos mismos días, es claro que no recordamos fácilmente esos hechos (a menos que sean muy importantes). ¡Y eso que fuimos testigos de los mismos!

Ahora bien, nadie estuvo presente cuando surgió la vida y sin embargo la Teoría de la síntesis abiótica puede decirnos algo acerca de ese pasado, no todo está basado en datos completamente confiables pero se tienen evidencias sobre muchos puntos clave de la explicación que aporta la teoría.

¿Qué pruebas tenemos en la mano?

1. **Del paso del nivel "Partícula Subatómica" al nivel "Agregado de partículas":** La abundancia a gran escala de Helio en el Universo que equivale a 1/4 de la masa del Cosmos nos habla favorablemente de ese suceso porque de acuerdo a la Teoría de la Gran explosión los cálculos de las simulaciones predicen la **nucleosíntesis primordial**.[17]
2. **Del paso de agregados (núcleos) sencillos a otros más complejos**: Recientemente la Supernova 87A, (la primera que se observó en 1987) permitió comprobar los esquemas teóricos de la **nucleosíntesis estelar** que predecían la síntesis de elementos pesados ($Z > 2$) con formación de neutrinos, mismos que fueron observados simultáneamente en dos instalaciones detectoras construidas en antiguas minas de sal.
3. **Del paso del nivel "Agregado de partículas" al nivel "Átomo":** La Radiación de fondo cósmico de **2.7 ºK**. Pues los electrones al formar envolturas estables alrededor de los núcleos de **H** y **He** liberaron rayos de luz que pudieron desplazarse libremente a través del espacio.
4. **Del paso del nivel "Átomo" al nivel "Molécula":** Sabemos que los átomos de todos los elementos fueron arrojados al espacio interestelar por las supernovas y allí, según la Teoría de la síntesis abiótica reaccionaron entre sí para formar moléculas. De ello tenemos constancia, pues los radioastrónomos, han descubierto moléculas muy complejas en el seno de nebulosas frías y opacas, en cometas, meteoritos y en las atmósferas de otros astros del sistema solar (como Júpiter y la "luna" de Saturno llamada Titán, la mayor de todo el sistema planetario solar). Además los experimentos de simulación química llevados a cabo por Miller, Lowe, Oró, Ponnamperuma y otros apoyan la factibilidad de la formación abiótica de moléculas orgánicas importantes para la evolución de la vida.

Escribe la fórmula condensada y semidesarrollada de los siguientes compuestos:

agua: ____.

alcohol metílico: ______________________________.

alcohol etílico: ______________________________.

etanal: ____.

metilamina: ___________________________________.

éter metílico: ______________________________. (66)

Ve la tabla 5, puede ser que reconozcas algunas fórmulas y si no fuese así, busca apoyo en tu libro de química. Al mismo tiempo ve escribiendo los lugares dónde se ha encontrado a los compuestos que siguen:

agua: _____________ _____________, _____________ y ____________________ ____________________.(67)

alcohol metílico: ______________ _______________ y ______________________ __________________. (68)

alcohol etílico: ______________ ________________ y _________________________ _________________. (69)

ácido acético: ______________ ________________ y _________________________ _________________. (70)

[17] George Gamov, científico ruso-norteamericano, sugirió a finales de los 40s (en su propia versión del big bang) la formación de núcleos de He a partir de protones y neutrones durante los primeros instantes de la gran explosión.

Espacio interestelar	**Cometas**	**Meteoritos (condritas carbonosas)**	**Titán (luna de Saturno)**
HIDROCARBUROS			
CH, CH^+, CH_4, HC_2, HC_2H	C, C^+, CH, CH^+, C_2, C_3	C_1, C_2, C_3 hasta C_{20}, además de compuestos alifáticos, alicíclicos y aromáticos.	CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_2H_4, C_2H_2, $HC{\equiv}C$, $-C{\equiv}CH$, $CH_3-C{\equiv}CH$
ALCOHOLES			
OH, H_2O, CH_3-OH, CH_3-CH_2-OH	O, OH, OH^+, H_2O, H_2O^+	H_2O, CH_3-OH, CH_3-CH_2-OH, alcoholes de C_2 hasta C_4	
ALDEHIDOS Y CETONAS			
HCO, HCO^+, H_2CO, CH_3-CHO	HCO	Aldehídos y cetonas de C_2 a C_5, HCOH	
ACIDOS Y DERIVADOS			
CO, C_3O, CH_2=C=O, HCOOH, CH_3-COOH	CO, CO^+, CO_2	$CO_3^=$, CO_2, CO y ácidos mono y dicarboxílicos de C_2 a C_8	CO, CO_2
AMINAS Y DERIVADOS			
NH_3, CH_2-NH, CH_3-NH_2, NH_2-CHO, NH_2-CN, HNCO	NH, NH^+, NH_2, NH_3, N_2	Aminoácidos, aminas de C_1 a C_4, NH_3, N-heterociclos.	NH_2
NITRILOS			
CN, HCN, NH_2-CN, C_2–CN, CH_2 = CHCN, CH_3 CC-CN, C_2–C≡C-CN, CH_3-CH_2-CN, $H(C{\equiv}C)_n$-CN donde n = 1 hasta 5	CN, CN^+, HCN,CH_3-CH_2-CN		HCN, HC≡C-CN, $(CN)_2$
MISCELÁNEOS			
H_2 , H_2–CS, CS, SO, OCS, H_2S, SO_2 , NS, SeO, N_2H^+, CH_3-O- CH_3	H, CS, S, Se, H_2S, metales	Heterociclos con S y O	H_2

Tabla 5. Algunos átomos, iónes y moléculas encontrados en el espacio.

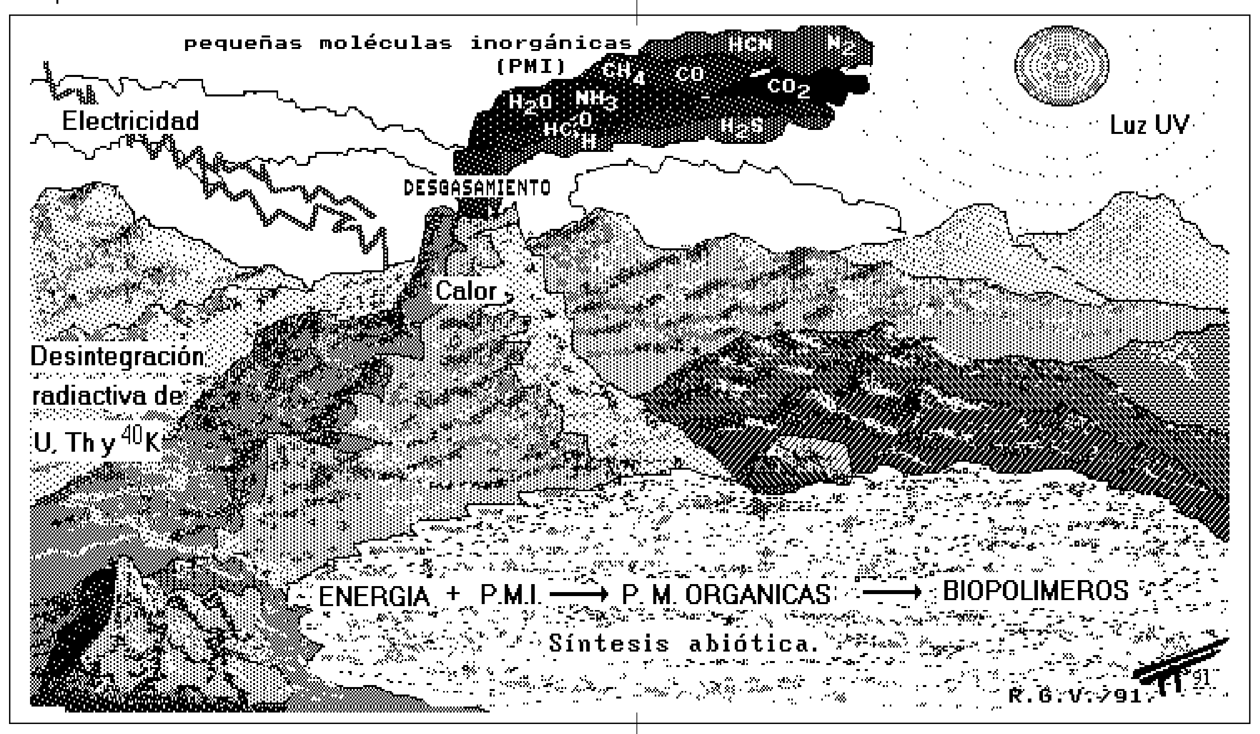


Fig. 37 Representación de la Tierra primitiva, de las fuentes de energía para la síntesis abiótica y otros eventos importantes.

Aquí sería bueno dar más detalles, por ejemplo: La idea original de la teoría de Oparin y Haldane suponía que el océano primitivo (hace unos cuatro mil quinientos millones de años) se transformaría en una especie de **"sopa primitiva"** al llevarse a cabo diversos procesos de **SINTESIS ABIOTICA** (*sin-* = unir, *-sis* = proceso; *a-* = no, ausencia, *bio-* = vida), es decir, procesos que unen átomos y moléculas en ausencia de cualquier ser vivo.

De modo tal, que las pequeñas moléculas gaseosas producto del desgasamiento del manto terrestre (metano, agua y otras) podrían reaccionar entre sí y formar pequeñas moléculas hidrocarbonadas más complejas.

Recientemente se ha propuesto que en la nebulosa que dio origen a nuestro sistema planetario y en su disco de material circumsolar que debió haberse formado antes que los planetas fue donde se sintetizaron los compuestos hidrocarbonados de la "sopa primitiva".

Esta hipótesis deriva del descubrimiento de moléculas complejas en nebulosas, meteoritos y cometas.

Independientemente de su lugar de formación, las pequeñas moléculas hidrocarbonadas (orgánicas) de la sopa primitiva debieron unirse entre sí por medio de enlaces químicos que liberaban una molécula de agua por cada enlace formado **(REACCION de CONDENSACION)** para formar a los polímeros biológicos más importantes (las Proteínas y los Acidos Nucleicos).

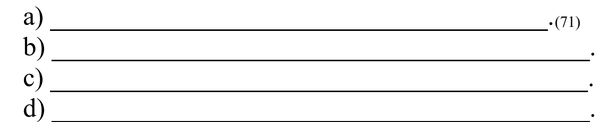
Por ejemplo:

aminoácido-1 + aminoácido-2 → dipéptido + agua

dipéptido + aminoácido-3 → tripéptido + agua

Y así sucesivamente hasta tener una cadena de varias decenas de aminoácidos a la cual le damos el nombre de proteína. En el material del tema 1.3 estudiarás con más detalle a los compuestos químicos que constituyen a las células.

Las reacciones de condensación no son espontáneas a menos que exista una fuente de energía que las impulse. Se han propuesto varios tipos de energía que pudieron ser útiles durante la evolución química, hace más de cuatro mil millones de años. En la fig. 37 puedes ver un dibujo que representa a la Tierra primitiva, analiza ese paisaje y anota el nombre de los tipos de energía allí representadas, a las cuales se supone estaban disponibles para la síntesis abiótica de compuestos hidrocarbonados (orgánicos):


a) ______________________________.(71)
b) ______________________________.
c) ______________________________.
d) ______________________________.

Stanley L. Miller en 1953 inició el estudio experimental de ésta posibilidad, al llevar a cabo el primer experimento de simulación química. El colocó en un aparato como el de la fig. 38 una mezcla de metano, amoniaco, hidrógeno y agua, simuló el ciclo del agua con un matraz con agua hirviendo y un condensador, con unos electrodos provocó las descargas eléctricas que representaban los rayos de las tormentas de la Tierra primitiva. Después de unos días encontró una

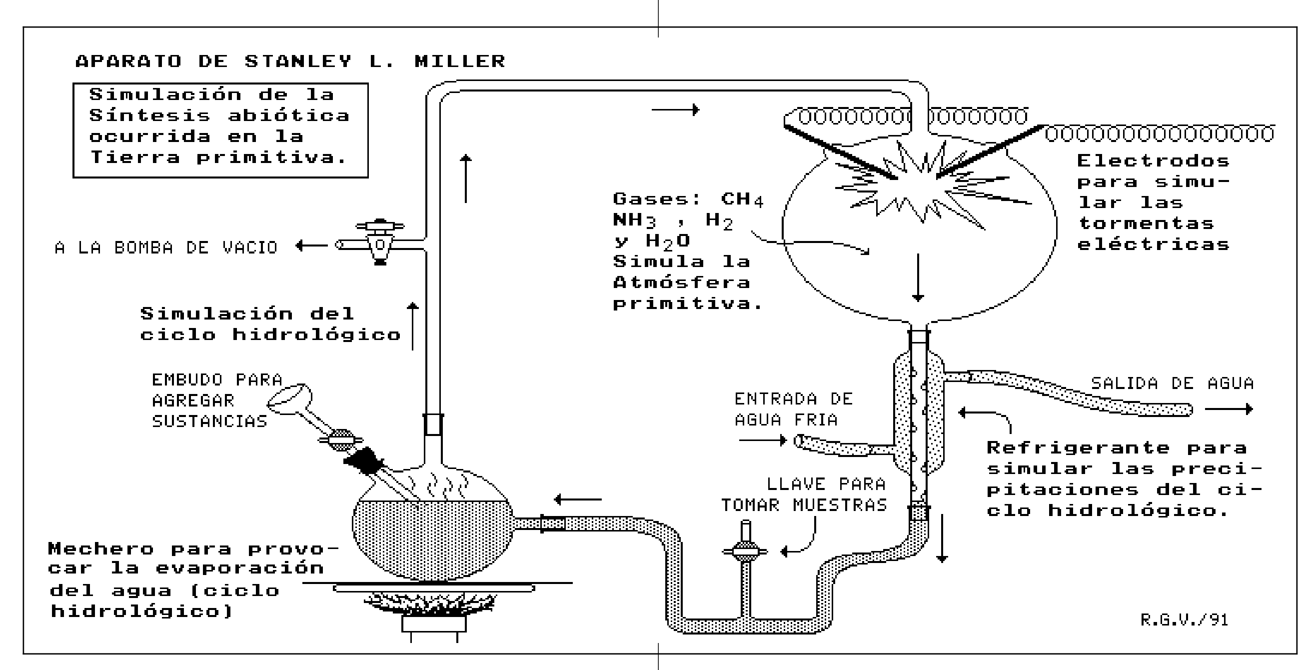


Fig. 38 Primer experimento de síntesis abiótica de compuestos orgánicos.

serie de compuestos hidrocarbonados **¡incluidos varios aminoácidos proteicos!**

El ciclo del agua, como sabes desde la secundaria, es impulsado por la energía de Sol. ¿Con qué sustituyó Miller al Sol para provocar el movimiento cíclico de las sustancias en su aparato? Con un __________. (72)

¿Con qué simuló Miller al océano primitivo? ____. (73)

¿Cómo simuló a la Atmósfera primitiva de carácter reductor? __________________________________.(74)

¿Qué tipo de energía usó Stanley Miller para impulsar las reacciones de síntesis abiótica? ____.(75)

¿Qué usó para simular las lluvias de la Tierra primitiva? ____.(76)

Cuarenta años después el número de experimentos es muy grande y se ha obtenido evidencia de la posibilidad sintetizar abióticamente la mayoría de las sustancias que forman a una célula.

Con todo hacen falta muchas investigaciones para aclarar los detalles de la aparición de las sustancias químicas de los seres vivos. Por otro lado sería bastante complejo intentar analizar aquí todo lo que conocemos acerca de las reacciones químicas de la síntesis abiótica.

EVIDENCIAS DE LA EVOLUCION PREBIOLOGICA.

En esta fase de la evolución de la vida se propone que vesículas microscópicas formadas espontáneamente por las moléculas y las macromoléculas producidas por síntesis abióticas (probiontes) se comportaban como sistemas abiertos, es decir, intercambiaban energía y materia con su entorno. Fig. 39.

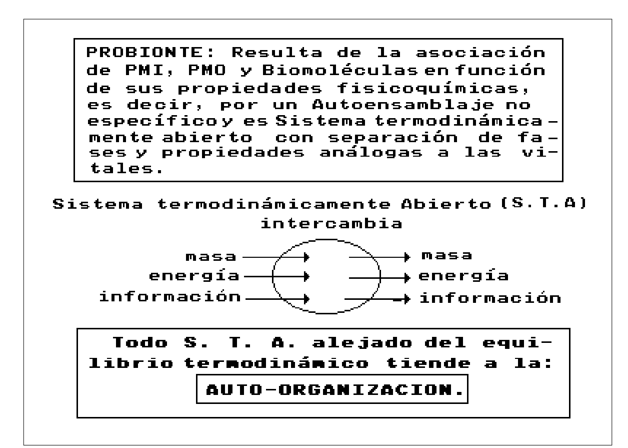


Fig. 39 Un probionte = sistema abierto. Colorea de amarillo al sistema y de azul a su entorno.

Se sabe que estos sistemas en ciertas condiciones pueden aumentar su orden interno a costa de desordenar su medio. Simultáneamente, esa capacidad de interaccionar con su entorno les permitía poseer cualidades análogas a la de los seres vivos, es decir, presentar un tipo de "crecimiento", de "reproducción", de "metabolismo", "herencia" y otras.

Oparin sostuvo que las propiedades vitales aparecieron gradualmente a lo largo de periodos largos de tiempo gracias a la Selección natural de los probiontes con las mejores características de acuerdo a su ambiente. Como puedes ver en la fig. 40. el hecho de que los probiontes pudieran dividirse y dar lugar a otros probiontes cuyas propiedades fueran semejantes, pero ligeramente diferentes permitió que se seleccionaran los probiontes cuyas modificaciones fueran más adecuadas para seguir "creciendo" y "multiplicándose", en otras palabras, para seguir evolucionando y de ese modo al paso del tiempo los descendientes de los probiontes fueron adquiriendo las características de los seres vivos.

Escribe ¿Cuáles son las cualidades características de los seres vivos? Los seres vivos tiene o pueden llevar a cabo...

a) ____

b) ____

c) ____.

d) ____

e) ____

f) ____

g) ____(78)

Se han propuesto varios modelos químicos de los hipotéticos probiontes para poder estudiar esta fase de la evolución de la vida. Esos modelos se construyen aprovechando las propiedades físico-químicas de las sustancias, que se cree, fueron producidas por síntesis abiótica, hace más de cuatro mil millones de años. La asociación espontánea de unas moléculas debido a la presencia de cargas positivas con otras cargadas negativamente, o gracias a su polaridad, es lo que Oparin denominó: **Autoensamblaje no específico**. Este proceso permitió la formación de vesículas microscópicas llamadas probiontes, algunos modelos de ellos se enlistan enseguida

Modelos de Probiontes precelulares :

1. **Coacervados de Oparin>:** Son pequeñas vesículas microscópicas que se forman por la neutralización de dos soluciones coloidales de cargas opuestas de proteínas y polisacáridos, por ejemplo

la proteína: grenetina y el polisacárido: goma arábiga. Si se usan proteínas enzimáticas y un medio apropiado, entonces el coacervado puede crecer, dividirse y en cierto sentido evolucionar formando coacervados más eficientes para crecer y dividirse

2. **Vesículas de Goldacre:** Resultan de la agitación de un lípido en agua, de modo que las interacciones hidrofóbicas permiten la formación de pequeñas vesículas cuyo contenido puede ser diferente que el de su entorno gracias a la presencia de una bicapa de lípidos (o varias capas).

encontrarse en muchos lugares del espacio. Ve la tabla 5 y busca en qué lugar podemos encontrar al formaldehído (HCHO)? ________________ ______________________________________. (79)

Es poco lo que sabemos acerca de esta fase de la biogénesis (proceso que generó a la vida). En la actualidad se piensa que la posibilidad de formar pequeñas vesículas separadas de su entorno por un tipo de membrana semipermeable que les permita intercambiar masa y energía con su medio a partir de la asociación espontánea de pequeñas moléculas hidrocarbonadas y cortas cadenas (**oligómeros**) de proteínas, ácidos nucleicos y otras sustancias es factible.

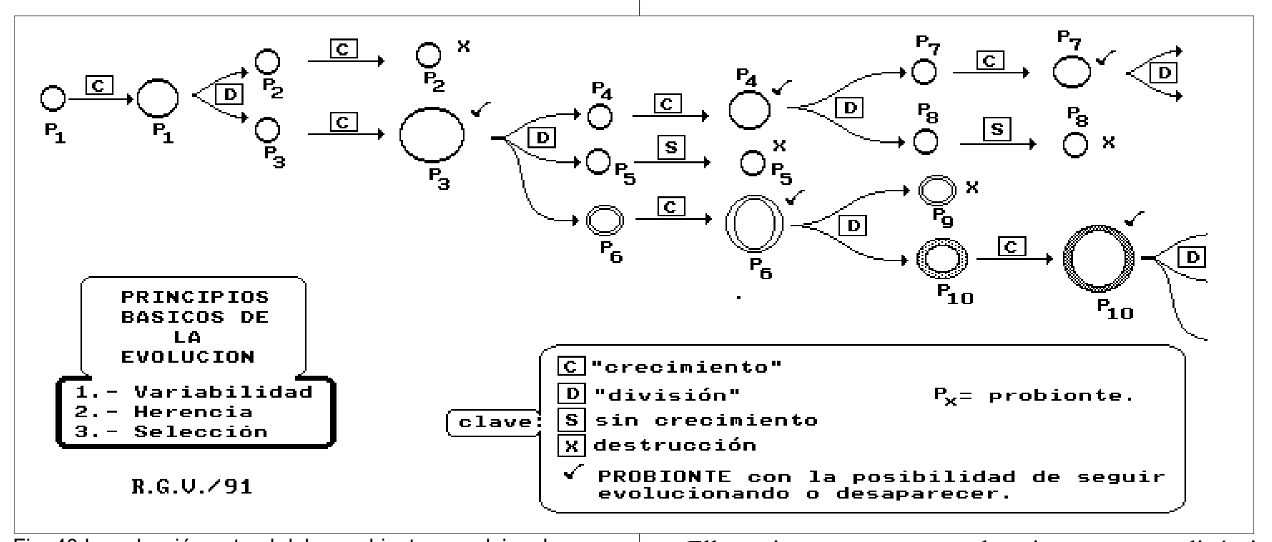


Fig. 40 La selección natural delos probiontes condujo a la aparición de los seres vivos.

3. **Microesferas de protenoides de Fox:** Resultan del enfriamiento de soluciones de aminoácidos que han sido puestas a ebullición en ciertas condiciones ya que los aminoácidos reaccionan, con el calor, formando cadenas más o menos parecidas a las de las proteínas (de ahí su nombre de protenoides) y constituyen pequeñas vesículas parecidas a los coacervados.

4. **Colpoides y sulfobios de Alfonso L. Herrera:** Fueron propuestos por el Biólogo mexicano más importante de principios del siglo XX. Los Colpoides remedan el movimiento de células a modo de amibas macroscópicas usando solamente: aceite de oliva, gasolina blanca, hidróxido de sodio y hematoxilina como colorante. Los Sulfobios se forman al extender una capa delgada de tiocianato de amonio disuelto en formaldehído sobre un portaobjetos, los resultados son sorprendentes pues aparecen estructuras microscópicas que simulan a una amplia variedad de microorganismos. Nota que las sustancias usadas por Herrera pueden

Ello es importante porque los sistemas termodinámicamente abiertos (que intercambian masa y energía con su entorno) debió de ser fundamental para la aparición de la vida porque se tiene la propuesta teórica y cierta evidencia experimental de que cuando dichos sistemas son alejados de sus condiciones de equilibrio por un suministro de energía son capaces de aumentar su orden interno a costa de desorganizar su entorno y eso es precisamente lo que tuvo que ocurrir antes de que la primera célula surgiera.

Fíjate que la propiedad de desordenar el medio es propia de todo lo vivo, por ejemplo, en que hoy al regresar a tu casa, encuentras tu recámara limpia y en orden; después de pasar la noche en ella ¿cómo está de arreglado tu cuarto? ¿Quién lo desordenó? ______________________________________. (79)

La secuencia de hechos propuesta por Oparin en su último artículo antes de morir se muestra en la fig. 41.

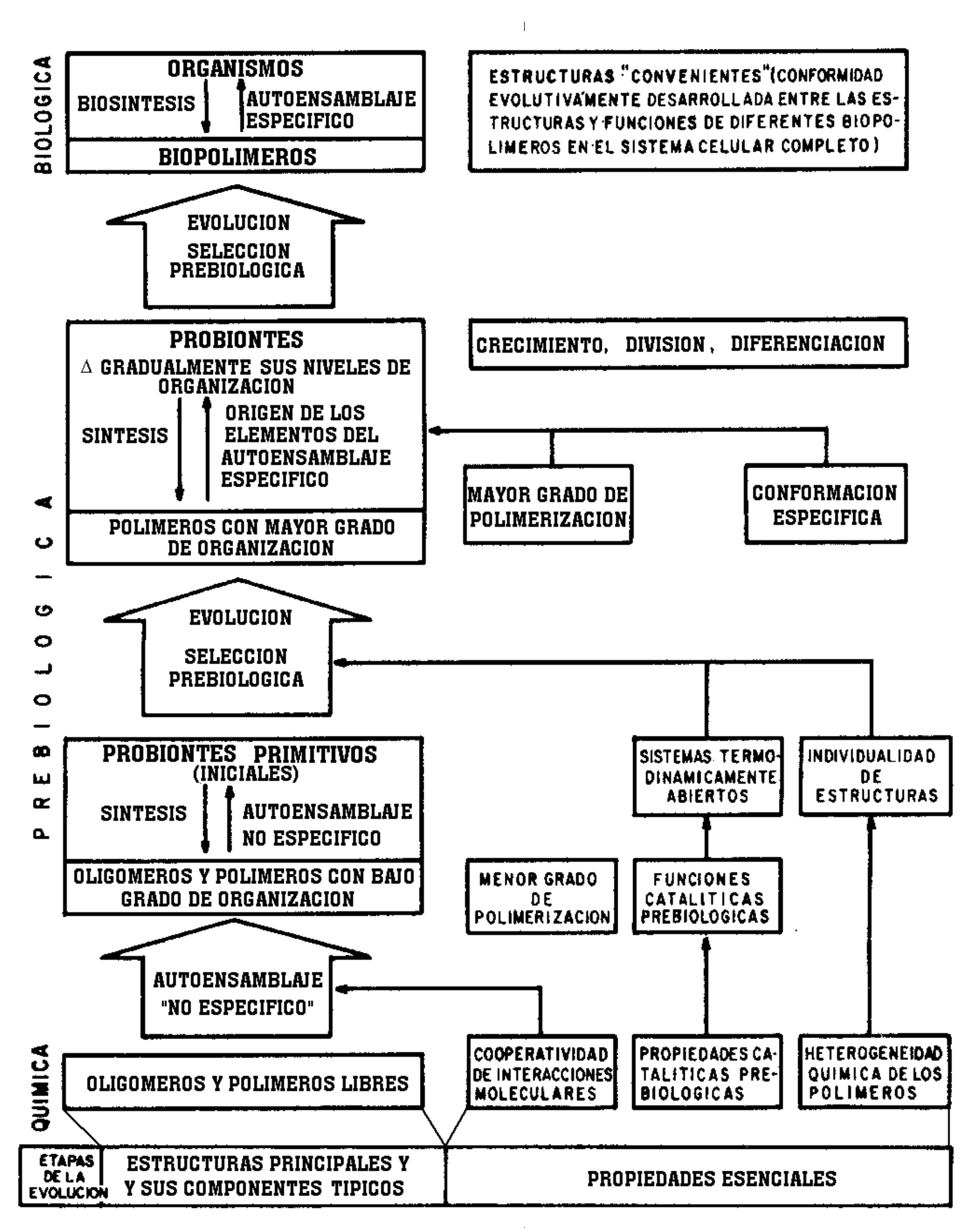


Fig. 41 Evolución del probionte, según Oparin, es la evolución del autoensamblaje específico. [18]

De modo que con el paso del tiempo la selección de los probiontes (complejos multimoleculares derivados de la asociación espontánea de compuestos químicos hidrocarbonados de alto y bajo peso molecular) con las mejores características de acuerdo a su entorno permitió el desarrollo (la evolución) de los procesos que consideramos propios de la vida y la aparición de las estructuras que los llevan a cabo.

Probiontes sencillos →→→→→→ Probiontes complejos→→→→→→→→→ Eubiontes

[18] Lo revolucionario de la propuesta es que sugiere que los mecanismos de evolución biológica pueden extenderse tiempo antes de la propia aparición de la vida.

La cantidad de problemas para investigar es enorme y su solución es necesaria para pasar del esquema general de la hipótesis de Oparin a un escenario no sólo plausible sino también demostrado de la evolución prebiológica. En detalle casi no sabemos nada acerca de esta fase

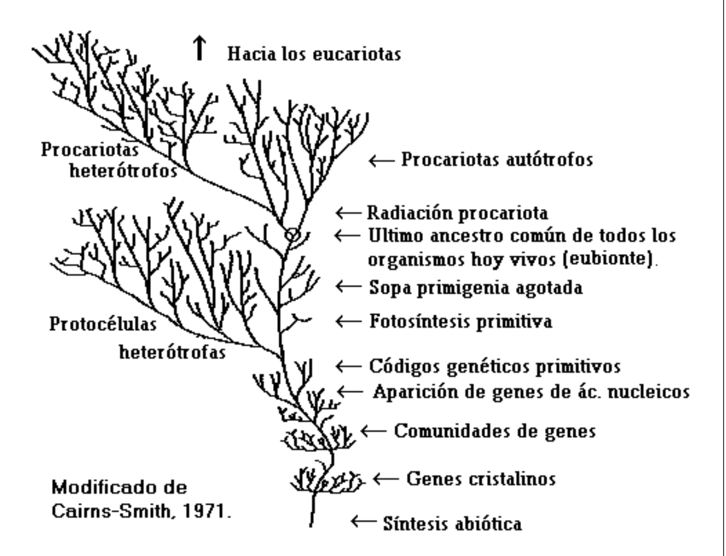


Fig. 42 La evolución es como un tronco en continua ramificación. El tiempo transcurre hacia arriba.

Así que en estos años se han propuesto un número grande de hipótesis acerca de los detalles de la evolución: se ha sugerido la participación de arcillas (A. G. Cairns-Smith) o de pirita (Günter Wächtershäuser) para la formación inicial de probiontes; también que los probiontes aparecieron en las lagunas intermariales del océano primitivo o en las chimeneas hidrotermales del fondo marino, como las que se encuentran al sur de la península de Baja California; o que el primer material donde se almacenó información genética fue ARN en vez de ADN ("Mundo del ARN"), etc.

Definir, en estos momentos, la validez de cada una de las propuestas sobre la antagónica es imposible, pero entre muchos investigadores del tema se tiene la impresión de que esa ebullición intelectual está preparando el terreno a avances importantes en este campo.

La aparición del **Eubionte** (*eu-* = verdadero, *-onte* = ser), se supone ocurrió hace aproximadamente tres mil quinientos millones de años (3.5×10^9) basados en la presencia de unas rocas llamadas estromatolitos que son el resultado de la fosilización de comunidades microbianas que crecen en aguas tranquilas y poco profundas y cuya datación, por procedimientos radiactivos, parece indicar esa enorme antigüedad.

Debes entender que no es posible establecer una distinción neta entre lo vivo y lo no vivo. Suele pensarse que hubo un momento "mágico" en el cual surgió la Vida, pero ese instante nunca existió. De hecho todas y cada una de las características de los seres vivos son el resultado de un largo proceso de cambio y selección natural.

También suele entenderse erróneamente el proceso evolutivo. Se cree que la evolución es un cambio lineal de lo simple a lo complejo y se establecen escalas falsas y completamente erradas como la que sigue:

Pez→ Rana→ Lagartija→ ave→ mamífero→ hombre

En realidad la evolución tiene más parecido al ramaje de un árbol y todos los seres nombrados arriba sólo son la punta de sus propias líneas evolutivas. Del mismo modo la evolución de los probiontes siguió muchas líneas distintas; todas ellas, excepto una, terminaron por extinguirse. Algunas dejaron descendientes por cierto tiempo con más o menor éxito. Una de ellas tiene como descendientes a todos los seres que hoy vivimos en la Tierra.

Pero nuestra existencia ahora, no es garantía para la eternidad. Debemos tener cuidado, pues nosotros y nuestros parientes, desde las simples bacterias, los protozoarios, las algas, los hongos, las plantas y los demás animales nos podemos extinguir.

El siguiente esquema puede darnos idea del verdadero patrón que sigue la evolución de los seres vivos. El esquema fue redibujado a partir otro incluido en un trabajo de Cairns-Smith se muestra en la figura 42.

En el dibujo el tiempo transcurre de abajo hacia arriba. El número de especies vivas en un momento dado lo sabemos trazando una línea horizontal. Cada bifurcación representa el surgimiento de dos especies a partir de una especie ancestral. Y cada extremo representa la extinción de esa línea.



Fig. 43 Eobacterium isolatum, una bacteria fosilizada de hace más de 3 200 millones de años.

Las principales características hipotéticas del EUBIONTE parecen haber sido del siguiente modo, el eubionte fue:

- **Unicelular:** El eubionte fue un organismo formado por una sola célula. Lo sabemos porque los microfósiles más antiguos conocidos son células aisladas (encontrados en rocas de Onverwacht y Fig Tree en Sudáfrica y en Warrawoona, Australia). Por otro lado es obvio que el eubionte debió

de ser muy sencillo. Observa un microfosil muy antiguo en la fig. 43. Se le ha dado el nombre de *Eobacterium isolatum* que quiere decir solitaria bacteria del alba, sus dimensiones son de 0.75 mm de largo por 0.25 mm de grosor (dimensiones típicas de una pequeña bacteria) y tiene una antigüedad de cerca de 3.2 $x10^9$ años.

- **Con membrana celular, citosol, ribosomas simples (70S) y ADN circular pequeño:** Decimos esto porque son las únicas estructuras que nunca faltan en un célula y teóricamente son las estructuras imprescindibles para cualquier ser vivo.
- **Con células de tipo procarionte**. En vista que es el tipo más antiguo de células y los fósiles disponibles son de ese tipo.
- **Heterótrofo:** Es decir, que comía a la materia orgánica de otros, porque pensamos que es más sencillo tomar los compuestos hidrocarbonados ya hechos, que fabricarlos.
- **Fermentador:** Es decir, que obtenía su energía a partir de la oxido-reducción interna de compuestos orgánicos parecidos a la glucosa. Se piensa esto porque la fermentación parece ser el método más antiguo para producir energía utilizable por la célula, es sencillo y prácticamente todas las células son capaces de fermentar a menos que secundariamente hayan perdido esa capacidad.
- **Anaerobio**: Que vive en un medio sin oxígeno molecular (O_2). Porque la atmósfera primitiva casi no tenía de oxígeno, porque en la mayoría de las reacciones bioquímicas de las células no es necesario y además, porque hay organismos que no necesitan ese gas e incluso los envenena.
- **Acuático:** Es decir, que vivía en el agua. Porque todas las células viven en un entorno acuoso.
- **Bentónico:** Que vivía cerca del fondo de los ríos, lagos, charcas. Porque la atmósfera cuando aparecieron los eubiontes era reductora y no tenía oxígeno molecular. Y como una atmósfera sin oxígeno deja pasar a los letales rayos ultravioleta; sólo una gruesa capa de agua podría proteger al eubionte de sus efectos dañinos.
- **Termófilo:** Es decir, que tenía afinidad por los ambientes cálidos. Porque parece ser que la temperatura del océano primitivo fue probablemente más alta y se intuye más probable la aparición inicial de seres adaptados a altas temperaturas que el esquema inverso.

RECAPITULACION

Al estudiar este material has recorrido el camino seguido por el Universo, desde su inicio hasta la aparición del primer ser vivo, esa historia abarcó miles de millones de años en donde la materia sufrió múltiples cambios. Aún no sabemos los detalles del surgimiento de un ser vivo, pero hay una gran efervescencia teórica y muchas opiniones al respecto -muchas veces contrapuestas-, pero casi todos coinciden en que la evolución química ha ocurrido y permitió de un modo u otro la formación de sistemas abiertos separados de su entorno por una membrana que evolucionaron en su interacción con el medio. Desde la aparición de la Tierra hace unos cuatro mil seiscientos millones de años hasta el surgimiento de la vida transcurrieron menos de ochocientos millones de años. Esta odisea es una de las aventuras más impresionantes que deben de ser contadas, pero aún no conocemos la historia completa. Ya veremos lo que nos depara la investigación de la biogénesis en el futuro milenio.

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACION

1.- Usando globos como modelos del Universo realiza una serie de experiencias (dibujando las galaxias, inflando y desinflando los globos, midiendo la distancias entre las galaxias) para demostrar que el Sistema Planetario Solar no es el centro de expansión a pesar de que las observaciones astronómicas indican que la mayoría de las Galaxias se alejan de nosotros.

ACTIVIDADES DE GENERALIZACION.

1.- Gamow, científico norteamericano de origen ruso, postula el estado denso y caliente de la teoría de la gran explosión en la década de los cuarenta. Sin embargo hay un libro escrito en 1937 que usa a esta teoría como base del argumento de una soberbia novela de ciencia-ficción, en donde se desarrollan por primera vez un gran número de los temas preferidos del género. Puedes leerlo, pues existe la versión en español: Stapledon, O**. (**1989) **El hacedor de estrellas**. trad. del inglés por Lemos, G. *Ed. Minotauro*. México.. 325 pp.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDABLE PARA EL ESTUDIANTE.

- Artís, M.; M. Casanueva y N. Chávez (comps.) (1983) **Homenaje a Oparin,** *UAM-Iztapalapa*. México. 270 p.
- Artís, M.; M. Casanueva, N. Chávez y C. López (comps.) (1986) **Origen de la vida**, T-I y II, *COSNET-SEP*. México. (col. Antologías).

- Asimov, I. (l989) **El Universo,** trad. del inglés por L. Paredes. *Alianza Editorial*. Madrid. (col. Ciencia y tecnología, # 458). 423 p.
- Hacyan, S. (1986) **El descubrimiento del Universo,** *F.C.E.* México. (col. La ciencia desde México, # 6). 157 p.
- León Cazares, J. M. (1988) **El origen de la vida y la evolución celular hoy**, En *Polémicas contemporáneas en evolución,* Olea Franco, A. (compilador). AGT editor. México. pag. 15-29.
- Negrón-Mendoza, A. (1988) **Evolución química y síntesis abiótica,** En *Polémicas contemporáneas en evolución,* Olea Franco, A. (compilador). AGT editor. México. pag. 1-14.
- Nóvikov, I. (1990) **¿Cómo explotó el universo?** trad. del ruso por Yu. Okulik. Ed. Mir.Moscú. 308 p.
- Rodríguez, J. L. (1986) **Un Universo en expansión**, F.C.E. México. (col. La ciencia desde México, # 1). 110 p.
- Sarabia e., A. (advertencia, versión y notas) (1975) **Popol Vuh, antiguas historias de los indios quiches de Guatemala**, 10ª ed., Porrua. México. (Col. Sepan cuantos..., # 36). 166 p.
- Zentella de Piña, M., (1984) **Biogénesis**, CECSA. México. 136 p.

Glosario

ADN: Macromolécula formada por dos cadenas complementarias de nucleótidos unidos por enlaces fosfodiester (Biopolímero de desoxirribonucleótidos).

Aminoácido: Pequeña molécula hidrocarbonada que presenta los grupos químicos amino y ácido carboxílico. Los aminoácidos que constituyen a las proteínas se califican de proteicos.

Catálisis: Proceso consistente en aumentar la velocidad de las reacciones químicas.

Célula eucarionte: Es una célula cuyo ADN se encuentra en el nucleoplasma, es decir, dentro de un verdadero núcleo celular delimitado por una envoltura nuclear membranosa.

Célula procarionte: Es una célula cuyo ADN se encuentra desnudo en el citoplasma, es decir que carece de verdadero núcleo celular. Es el tipo celular más antiguo.

Cero absoluto: Temperatura a 273.15 ° C bajo cero.

Coloide (solución): dícese de las soluciones cuyo soluto no está dispersado a escala molecular, sino en forma de pequeñas micelas que contienen muchísimas moléculas del soluto.

Cometa: Es un cuerpo de varios Km. de diámetro constituido por hielos de agua, metano y bióxido de carbono mezclado con otros materiales que gira alrededor del Sol en órbitas muy elípticas.

Corteza terrestre: Capa sólida superior de la Tierra.

Crecimiento: Proceso biológico que consiste en el aumento de la masa viva de un organismo.

Cuerpo negro: Cualquier objeto que emite luz en intensidad y frecuencias determinadas sólo por su temperatura y no por sus propiedades particulares.

Diferenciación: Proceso biológico que consiste en que una célula adquiere una morfología específica adecuada a una función especializada.

Disco circumestelar: Disco de materia que rodea a varias estrellas como Vega o ε-Eridani y que se supone que es una fase previa a la formación de los planetas.

Elemento químico: Es el conjunto de todos los átomos que poseen el mismo número de protones en su núcleo. (número atómico).

Enzima: Macromolécula producida por las células que acelera (cataliza) una reacción química. La mayoría son proteínas, pero hay ARN enzimáticos. (ribozimas)

Evolución: Proceso biológico que sufren las especies que consiste en el cambio de las características anatómicas, fisiológicas y conductuales de los organismos a lo largo de las generaciones.

Fotón: Partícula de luz con masa en reposo igual a cero.

Hadrones: Partículas que participan en interacciones nucleares fuertes como por ejemplo el neutrón (n^o) y el protón (p^+). Los hadrones están constituidos por quarks.

Isótopo: Variante de átomo de un elemento químico que difiere en la masa (número de masa) pero no en el número atómico.

Leptones: Partículas fundamentales que no interaccionan por medio de la fuerza nuclear fuerte como por ejemplo los electrones (e^-) y los neutrinos (ν).

Manto terrestre: Capa intermedia de la Tierra entre la corteza y el núcleo terrestre.

Meteoritos: Cuerpos sólidos que se mueven en ciertas órbitas alrededor del Sol.

Microfósil: Resto o huella de un microorganismo en una roca sedimentaria.

Micrómetro: (μm) submúltiplo del metro que equivale a una millonésima, es decir 0.000 001 m.

MPC: Megaparsec, unidad astronómica de longitud equivalente a un millón de parsec, es decir cerca de 3.26 millones de años-luz de distancia.

Neutrino (ν): Partícula de la familia de los Leptones, al igual que el electrón, pero sin carga eléctrica y muy poca o nula masa en reposo. Se produce en muchas reacciones nucleares.

Nucleótido: Pequeña molécula orgánica constituida por una pentosa unida a una base nitrogenada y a 1-3 grupos fosfatos.

Oligómero: Molécula formada por <50 monómeros.

Organismo: Un ser vivo con su propia línea de ascendencia-descendencia.

Péptido: Es una cadena corta de aminoácidos (<50).

Polímero: Macromolécula hecha de >50 monómeros.

Quarks: Partículas fundamentales (virtuales) que forman a los Hadrones. Hay tres pares de quarks que junto con otros tres pares de Leptones conforman las tres familias de partículas fundamentales conocidas.

Radiactividad: Propiedad de ciertos isótopos de producir rayos alfa. (α), beta (β) y gama (γ).

Rayos infrarrojos: Forma de luz invisible con mayor longitud de onda y menor frecuencia que la de la luz roja. y por lo tanto menos energética.

Rayos ultravioleta: Forma de luz invisible con menor longitud de onda y mayor frecuencia que la luz violeta.

Reacción de fusión nuclear: Proceso físico de unión de las partículas de dos núcleos atómicos.